

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CIII.

I. Versuche über die Spannkraft des Wasserdampfes aus wässerigen Salzlösungen; von A. Wüllner.

(Auszüglich mitgetheilt der K. Akad. d. Wiss. zu Berlin am 25. Febr. 1858)

1. Durch die classischen Untersuchungen der HH. Magnus und Regnault ist die Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser zwischen weiten Temperaturgränzen festgesetzt worden. Ein gleiches läßt sich nicht aussagen von den Aenderungen, welche dieselbe erleidet, wenn das Wasser fremde Substanzen gelöst enthält. Besitzen diese Substanzen eine eigene Spannkraft, so sollten sich nach dem Dalton'schen Gesetze die einzelnen Spannkräfte summiren. Dafs das jedoch nicht allgemein wahr sey, zeigte Hr. Magnus ¹⁾, indem er nachwies, dafs das nur der Fall sey für Dämpfe nicht mischbarer Flüssigkeiten, während die Dampfspannung mischbarer Flüssigkeiten zwischen der den einzelnen Flüssigkeiten zukommenden Spannkraft liege. Das gleiche Resultat erhielt Hr. Regnault ²⁾. Wenn den gelösten Substanzen keine eigene Spannung zukommt, so wird die Spannkraft des Wasserdampfes im allgemeinen vermindert, und nach Dalton mußten in gleichen Abständen von ihren Siedepunkten die Dampfspannungen der Lösungen und des reinen Wassers dieselben seyn. Da jedoch spätere Untersuchungen nachgewiesen haben, dafs für einfache Flüssigkeiten das Dalton'sche Gesetz nicht gültig ist, so läßt sich schon von vornherein annehmen, dafs es auch bei Salzlösungen nicht angenommen werden darf. Versuche über das Verhalten des Wasserdampfes aus solchen Lösungen habe ich nur

1) Pogg. Ann. Bd. 38 und 93.

2) Compt. rend. T. XXXIX, p. 397 — 406.

Poggendorff's Annal. Bd. CIII.

sehr wenige vorgefunden. Nach einer Notiz in der 5. Auflage von Baumgartner's Lehrbuch der Physik sind einige Versuche von Gay-Lussac bekannt, nach denen eine Kochsalzlösung von 1,096 Dichtigkeit eine Spannkraft von 0,9 derjenigen des reinen Wassers besitzt, und von Prinsep nach denen dieses Verhältniß in allen Temperaturen dasselbe bleibt. In späterer Zeit hat sich Hr. v. Babo mit diesem Gegenstande beschäftigt. Zunächst theilt derselbe in einer Abhandlung¹⁾ Versuche mit über die Spannkraft des Wasserdampfes aus Lösungen von Chlorcalcium, salpetersaurem Kalk und Schwefelsäure. Für das erstere Salz scheint ihm dasselbe zu gelten, was nach Prinsep für Kochsalz gilt, daß eine Lösung von Chlorcalcium stets eine der des Wasserdampfes proportionale Spannkraft zeige. Außerdem findet Hr. v. Babo aus seinen und Legrand's Siedepunktsbestimmungen, daß die Differenzen zwischen der Spannkraft einer Salzlösung und der des reinen Wassers bei dem Siedepunkt der ersteren sich verhalten umgekehrt wie die Atomvolumina der Lösung. Er nimmt dabei an, daß bei der Lösung eines Salzes ein Atom desselben mit der entsprechenden Anzahl Wasseratome sich verbindet, und betrachtet dann das Atomvolumen dieser angenommenen Verbindung als das der Lösung. Zu seinen Versuchen bediente sich Hr. v. Babo wesentlich der von Dalton benutzten Methode, von der jedoch, wie schon Biot und später Magnus zeigten, keine genauen Resultate zu erwarten sind. In Bezug auf die nach den Berechnungen von Legrand's Beobachtungen aufgestellte Beziehung scheint mir, wie ich später nachweisen werde, die Annahme über die Constitution der Lösung durchaus unstatthaft. Es möchte daher jene Uebereinstimmung wohl nur eine zufällige seyn.

In einer späteren Abhandlung²⁾ giebt Hr. v. Babo

1) Ueber die Spannkraft des Wasserdampfes in Salzlösungen, ein Beitrag zur Statik der Atome, Freiburg 1847.

2) Ueber die Spannkraft des sich aus Salzlösungen entwickelnden Wasserdampfes in den Berichten der Verhandlungen der Gesellschaft für Beförderung der Naturwissenschaft zu Freiburg i. B. 17 u. 18, 1857.

einige Versuche nach einer anderen bessern jedoch etwas complicirten Methode an. Er brachte in eine 1" weite 2' lange (in der Abhandlung steht 2", was jedoch wegen des folgenden wohl 2' seyn muß) Glasröhre, welche an dem einen Ende zugeblasen war, Quecksilber, senkte in dieses dann einige 1',25 lange, 2" weite an dem oberen Ende zugeschmolzene mit Quecksilber gefüllte Glasröhren, in deren eine vorher etwas Wasser, in die andern etwas der zu untersuchenden Salzlösung gebracht war. Nachdem er dann das Quecksilber aus der äußeren Röhre bis auf 2" vom Boden fortgenommen hatte, goß er in dieselbe etwas Wasser, und nachdem er durch Kochen desselben alle Luft aus ihr vertrieben und durch Wasserdampf ersetzt hatte, schmolz er das noch offene Ende der Röhre zu. Auf diese Weise hatte er einige in einem luftleeren mit Wasserdampf gefüllten Raume befindliche abgekürzte Gefäfsbarometer. Da nun der Dampf in dem einen Barometer und der äußern Röhre die gleiche, der jedesmaligen Temperatur entsprechende Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser, der Dampf in den übrigen Röhren, die durch das gelöste Salz modificirte Spannung besaß, so gab ihm die Differenz der Quecksilberstände in den inneren Röhren direct die durch die gelösten Salze hervorbrachte Verminderung der Spannkraft. Um die Differenzen messen zu können, war die äußere Röhre in Millimeter getheilt; über der Theilung konnte ein Stahlring auf und nieder geschoben werden, durch den das Visiren, das nicht mit einem Fernrohre geschah, erleichtert wurde. Die untersuchten Salze sind Chlorcalcium, salpetersaurer Kalk, Kalihydrat, kohlenaures Kali, Chlorzink und dreibasische Phosphorsäure; die angewandten Temperaturen 35° — 59° — 65° — 78° C., die er dadurch hervorbrachte, daß er den ganzen Apparat mit Dämpfen von siedendem Schwefeläther, Aceton, einer Mischung von Alkohol und Holzgeist und von Weingeist mit der Siedetemperatur 78° C. umgab. Er zieht aus seinen Versuchen den Schluß, daß das Verhältniß der Spannkraft des Dampfes von einer Salzlösung zu der des Dampfes von reinem Wasser allgemein ein constantes sey

Die Versuche beweisen jedoch das nicht. Denn abgesehen von den Fehlern, welche in der Capillarität der niemals ganz gleich weiten Röhren von 2" Durchmesser, in der Art des Ablesens und darin begründet sind, daß eine 2' lange oder auch nur die 1',25 langen engen Glasröhren bei dieser Methode des Erwärmens wohl nicht leicht überall gleiche Temperatur haben, und welche Hr. v. Babo jedenfalls viel zu gering auf 3—5^{mm} annimmt, kann man aus vier so nahe liegenden Temperaturen nichts schließen.

Aber auch selbst angenommen, das man daraus einen Schluß ziehen dürfe, beweisen die Zahlen des Hrn. v. Babo nicht das von ihm angenommene Gesetz für alle untersuchten Salze. So schließt es Hr. v. Babo auch für Chlorzink, während die Zahlen folgende sind.

Temp.	Zn Cl $\frac{h}{H}$
35° C.	0,335
58	0,331
65	0,321
78	0,310

worin h die Spannkraft einer bei 132° siedenden Chlorzinklösung, H die Spannkraft des reinen Wassers ist). Die Zahlen zeigen doch deutlich, daß das Verhältniß $\frac{h}{H}$ mit steigender Temperatur kleiner wird, daß also die Verminderung durch Chlorzink in höheren Temperaturen ein größerer Bruchtheil der Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser ist als in niederen. Ueberdies geben die von Hrn. v. Babo aus den Versuchen berechneten Mittelzahlen den Quotient $\frac{h}{H}$ unter den 10 mitgetheilten Fällen bei den vorher bereits bestimmten Siedetemperaturen fünf Mal ganz andere Zahlen als die der Siedetemperatur entsprechende Spannkraft 760.

Für eine bei 110° siedende Lösung von Chlorcalcium findet er $\frac{h}{H} = 0,648$. Bei 110° ist $H = 1075^{\text{mm}}$. also
 $h = 0,648 \cdot 1075^{\text{mm}} = 696,6^{\text{mm}}$.

Für eine zweite bei 112° C. siedende Lösung von Chlorcalcium erhält er $\frac{h}{H} = 0,585$. H ist bei 112° = 1150^{mm}

$$h = 0,585 \cdot 1150^{\text{mm}} = 672^{\text{mm}}.$$

Für eine Lösung von salpetersaurem Kalk, Siedepunkt 112° C. ist $\frac{h}{H} = 0,588$

$$h = 0,589 \cdot 1150^{\text{mm}} = 677,35.$$

Bei Chlorzink vom Siedepunkt 132° ist der Coëfficient $\frac{h}{H} = 0,326$

$$h = 0,326 \cdot 2155^{\text{mm}} = 702,53^{\text{mm}}.$$

Bei einer Lösung von dreibasischer Phosphorsäure mit dem Siedepunkt 122° C. ist $\frac{h}{H} = 0,497$

$$h = 0,497 \cdot 1588^{\text{mm}} = 789^{\text{mm}},23.$$

In den anderen Fällen sind die Abweichungen nicht so bedeutend. Uebereinstimmung des auf diese Weise berechneten Werthes von h bei der früher bestimmten Siedetemperatur findet nur bei einem Versuche mit Kalihydrat vom Siedepunkte 109° C. statt. Dafs das jedoch mehr Zufall sey, beweisen wohl die Zahlen, aus denen das Mittel genommen ist. Es sind 0,713 — 0,740 — 0,718 — 0,737, das Mittel ist 0,726. Es scheint mir nicht, als wenn diese Zahlen für das angenommene Gesetz sprächen.

Ich erhielt die Abhandlung erst, als ich meine Versuche bereits abgeschlossen hatte, habe daher mit den von Hrn. v. Babo angewandten Salzen keine Versuche mehr anstellen können.

Um zu untersuchen, wie die Spannkraftsverninderungen sich verhalten bei verschiedener Concentration von Lösungen ein und desselben Salzes habe ich bereits im Jahre 1856 eine Reihe von Versuchen angestellt und veröffentlicht¹⁾, aus denen sich ergab, dafs für Kochsalz und Chlorkalium bei gewöhnlicher Temperatur die Verminderung der Spann-

1) Ueber den Einflufs des Procentgehaltes auf die Spannkraft des Wasserdampfes aus wässerigen Salzlösungen. *Inauguraldissertation* von A. Wüllner.

kraft des Dampfes proportional sey der Menge des gelösten Salzes. Ich hatte damals in einem gegen Norden gelegenen Raume des Laboratorium der Münchner Universität, von ziemlich constanter Temperatur mehrere Gefäfsbarometer neben einander in ein Gefäfs gestellt und in dieselben die Lösungen verschiedener Concentration gebracht, und die Differenzen gemessen, welche dieselben und ein in demselben Gefäße stehendes Barometer, in das ich Wasser gebracht hatte, darboten. Um die Richtigkeit des Gesetzes allgemein zu prüfen, als auch um das Verhalten der Salze in verschiedenen Temperaturen kennen zu lernen, war es nothwendig die Versuche nach einer bessern Methode weiter zu führen. Ersteres war mir um so wesentlicher, da Hr. Regnault in seiner Mittheilung „*sur les températures des dissolutions salines*“ (*Comptes rendus XXXIX p. 306 ff.*) die Behauptung aufstellt, dafs eine so einfache Relation nicht existire. Er sagt: „*Mais pour que cette affinité ainsi mesurée, constitue un caractère spécifique des substances il faudrait que pour le même sel, elle variait proportionnellement à la quantité de sel dissous. Or j'ai reconnu qu'il n'en est pas ainsi. La variation suit une loi plus complexe, et paraît dépendre de la nature du sel* (p. 312).

2. Von allen zu Messungen der Spannkkräfte des Wasserdampfes bisher benutzten Methoden schien mir die von Hrn. Magnus ¹⁾ angewandte für meinen Zweck die brauchbarste zu seyn. Derselbe wandte bekanntlich ein abgekürztes Heberbarometer an, in dessen geschlossenen Schenkel er die zu untersuchende Flüssigkeit brachte. Dasselbe war mit einem Manometer und einer Luftpumpe in Verbindung, durch welche die Luft so weit verdünnt wurde, dafs das Quecksilber in den beiden Schenkeln des abgekürzten Heberbarometers nahezu einen gleichen Stand hatte. Aus dem Stande des Manometer und der Differenz der Quecksilberstände in dem abgekürzten Heberbarometer ergab sich die Spannkraft des Wasserdampfes. Zur Untersuchung der

1) Pogg. Ann. Bd. 61, S. 225.

Spannkraften von Salzlösungen ist diese Methode deshalb so sehr geeignet, weil man den Dampfdruck und die angewandte Flüssigkeitsmenge leicht so regeln kann, daß durch die geringe Menge des verdampften Wassers der Concentrationsgrad und somit die Spannkraft der Lösung nicht merklich geändert wird. Bei der von Hrn. Regnault in der oben erwähnten Untersuchung zum Theil angewandten Methode des Siedens ist das nicht möglich; diese kann daher nur bei einfachen Flüssigkeiten angewandt werden, deren Spannkraft durch das theilweise Verdampfen derselben nicht geändert wird. Ich legte daher die erstere Methode bei Construction meines Apparates zu Grunde, nur mußte, um die Salzlösung unverändert in den geschlossenen Schenkel des Heberbarometers hineinbringen zu können, dasselbe in zwei Theile getrennt werden. Ueberdies richtete ich, um mehrere Salzlösungen zugleich untersuchen zu können, den Apparat so ein, daß mehrere Dampfbarometer mit einander und mit demselben offenen Schenkel communicirten.

Es wurden zu dem Ende in eine Eisenplatte von 0,5" Dicke 9" Länge 3" Breite 7 Hülsen eingesetzt (Fig. 2 Taf. V), von 1" lichtigem Durchmesser und 1,5" Höhe. Dieselben waren in zwei Reihen so vertheilt, daß die drei der zweiten Reihe den Zwischenräumen der vier in der ersten Reihe entsprachen. Die 7 stand etwas weiter von den übrigen entfernt. Im Innern der Eisenplatte waren Canäle geführt, welche die Hülsen sämmtlich mit einander communiciren ließen. Den Verticalschnitt ungefähr durch die Mitte der 4 Hülsen der ersten Reihe bietet Fig. 1, Taf. V. In 6 dieser Hülsen setzte ich nun an dem einen Ende zugeblasene mit Quecksilber gefüllte, und ausgekochte Glasröhren, in welche vor dem Einsetzen ein wenig der zu untersuchenden Flüssigkeiten hineingebracht war; in die 7 von den übrigen etwas weiter entfernte, setzte ich eine an beiden Seiten offene Glasröhre, welche nahe über der Hülse in ein birnförmiges Glasgefäß von solcher Capacität ausgeblasen war, daß es ungefähr das in den 6 Röhren enthaltene Quecksilber aufnehmen konnte. Auf diese Weise waren 6 mit demselben

offenen Schenkel, dem birnförmigen Glasgefäße, communicirende abgekürzte Heberbarometer hergestellt.

Die zur Dampferzeugung benutzten Röhren waren etwa 25^{cm} lang und besaßen einen lichten Durchmesser von 1,5^{cm}, so daß es also keiner Correktur für die capillare Depression bedurfte.

Schwierig war es, dieselben luft- und wasserdicht in den Hülzen zu befestigen, da selbst die besten Korke bei steigender Temperatur, und wegen des zum Auskochen der Röhren häufig nothwendigen Abziehens derselben von den Röhren nicht dicht hielten. Ich nahm daher schließlic Pfropfen von vulkanisirtem Kautschuck. Zu dem Ende bohrte ich durch dieselben mit einem gewöhnlichen Korkbohrer ein Loch von 1^{cm} Durchmesser, und presste sie dann auf die 1,7^{cm} äußere Durchmesser besitzenden Glasröhren, denen, damit das leichter geschehen konnte, an ihrem offenen Ende eine schwach konische Form gegeben war. Mit dieser Vorsicht schlossen sie vollkommen luftdicht, und ertrugen zugleich ein häufiges langdauerndes Kochen im Wasserbade so gut, daß ich sie zu allen ähnlichen Zwecken empfehlen kann.

Zur Einrichtung des Apparates wurden die 6 Röhren mit Quecksilber gefüllt und ausgekocht, darauf ungefähr 1,5^{cm} Quecksilber entfernt, und statt dessen die auf ihre Spannkraft zu untersuchende Flüssigkeit hineingegossen. Nachdem dann der Kautschuckpfropf aufgesetzt war, wurde die entsprechende Röhre mit dem Finger geschlossen, umgekehrt und in ihre Hülse eingesetzt. Es wurde dazu zunächst in die 7. Hülse die offene Röhre mit dem birnförmigen Glasgefäße hineingesetzt, der Apparat mit Quecksilber gefüllt, die offenen Hülzen mit Propfen geschlossen und auf die entsprechende Hülse ein trichterförmiges Holzgefäß (*a* in Fig. 2 Taf. V) gesetzt, das quecksilberdicht auf dieselbe paßte. Dasselbe wurde mit Quecksilber bis dicht an den Rand gefüllt, und die mit dem Finger geschlossene Röhre dahinein umgekehrt. War die Röhre in der Hülse befestigt, so wurde das Holzgefäß über derselben abgezogen.

Das ablaufende Quecksilber wurde in einer grossen Schale gesammelt, in der der ganze Apparat stand.

Waren so sämtliche Röhren eingerichtet, so wurde die ganze Vorrichtung mittelst zweier um die Eisenplatte gelegter Schlingen in ein Wasserbad hinabgelassen. Dasselbe bestand in einem parallelepipedischen Kasten, aus festem Eisenblech 14" hoch, 12" breit und 8" tief, in dessen vordere und hintere Wand 2" vom Boden, 9" hohe und 10" breite Scheiben vom Spiegelglas eingesetzt waren. Im Deckel dieses Kastens waren vier Oeffnungen zum Einsetzen von Thermometern und zwei zum Durchlassen der Stangen einer Rührvorrichtung. In der einen Seitenwand war oben ein Ausschnitt 0,5" tief, durch den die von dem birnförmigen Glasgefäß *b* in Fig. 1 Taf. V kommende an einer Stelle gebogene Röhre aus dem Wasserbade austrat. Nachdem dann der Kasten auf einen eisernen Fuß gestellt war, wurde diese Röhre *r* mittels Kautschuck an ein Glasrohr *t* gebunden, das einerseits mit einem Manometer *MN*, andererseits mit einer Luftpumpe in Verbindung war. Die Zusammenstellung zeigt Fig. 1 Taf. V in der von dem Wasserbade ein perspectivischer Durchschnitt gezeichnet ist. Die Luftpumpe stand bei *A*, der Hahn *h* in dem zur Luftpumpe führenden Rohre diente dazu, das Innere des Apparates abzuschliessen und den Luftdruck im Manometer zu reguliren.

Nachdem dann der Kasten mit Wasser gefüllt, wurde die Luft in dem Manometer und dem birnförmigen Glasgefäße verdünnt, so daß die Quecksilbersäulen in den die Flüssigkeiten enthaltenden Röhren zu sinken begannen. Das Quecksilber stieg dann in das birnförmige Glasgefäß und die Verdünnung wurde so weit fortgesetzt, bis das Niveau des Quecksilbers der Röhre, welche die mit der größten Spannkraft begabte Flüssigkeit enthielt, ungefähr mit dem des Glasgefäßes gleich war.

3. Da ich zunächst mein Augenmerk darauf richtete, zu untersuchen, wie sich die Spannkraftsverminderungen bei verschiedenem Concentrationsgrad von Lösungen desselben Salzes verhielten, so wurden in fünf der Röhren Salzlösun-

gen verschiedenen Procentgehaltes gebracht, in die sechste brachte ich reines Wasser, so dafs ich durch Vergleichung der fünf übrigen Röhren mit dieser direct, die durch das gelöste Salz hervorgebrachte Verminderung erhielt. Es hatte diese Anordnung zunächst den Vorthail, dafs sie ein vortreffliches Mittel abgab, die Genauigkeit der Versuche und die Richtigkeit der angewandten Thermometer zu prüfen, indem ich die von mir beobachteten Spannkkräfte des Wassers mit denen von den HH. Magnus und Regnault bestimmten verglich. Es zeigte sich, dafs meine Zahlen von denen jener früheren Beobachter in Temperaturen bis 50° C. nur um einige Zehntheile von 1^{mm} abwichen. Nur bei einigen wenigen Versuchen in höhern Temperaturen betrug die Differenz 2— 3^{mm} , bei einem sogar 5^{mm} . Letzterer wurde als fehlerhaft verworfen.

Nachdem auf diese Weise Methode und Thermometer als zuverlässig erprobt waren, brachte die Anwendung des Wasserrohres dann den Vorthail, dafs es gestattete die Versuche wesentlich zu vereinfachen, sie daher rascher und defshalb genauer auszuführen. Denn ohne Hinzufügen des Wasserrohres hätten die Spannkkräfte der Salzlösungen direct bestimmt, also aufser den Quecksilberständen in den sechs Röhren die des Barometers, Manometers und des Glasgefäßes für jeden Temperaturgrad abgelesen werden müssen, während ich jetzt auf die bekannten Spannkkräfte des Wassers mich stützend nur einfach die Differenzen in den Quecksilberständen der Röhren bestimmen mußte. Die erforderliche Zeit und mit ihr die unvermeidlichen Schwankungen in der Temperatur des Wasserbades wurden dadurch um vieles vermindert.

Ein fernerer Vorthail dieser Anordnung bestand noch darin, dafs sie einen Umstand, den ich anfangs für äufserst schwierig hielt, der jedoch, wie sich bald zeigte, ohnedem keine wesentlichen Fehler veranlafst, den durch die in den Lösungen absorbirte Luft, hervorgebrachten Fehler auf eine einfache Weise eliminirte. Um nicht eine zeitraubende Analyse zur Bestimmung des Procentgehaltes der angewandten Lösungen machen zu müssen, und um dadurch nicht eine neue Fehlerquelle einzuführen, war es erforderlich die

Lösungen nach bestimmten Concentrationsgraden von vorn herein herzustellen. Es war daher nicht möglich, die Lösungen als solche zu kochen, um so die absorbirte Luft zu entfernen. Zugleich war es aber auch nicht zu verhüten, wenn ich auch noch so vorsichtig ausgekochtes Wasser zum Herstellen der Lösung nahm, daß beim Lösen der Salze wieder Luft absorbirt wurde. Anfangs suchte ich diese ohne Aenderung des Concentrationsgrades dadurch zu vertreiben, daß ich kleine mit einer Spitze versehene Kugeln nach Art, wie man die Thermometer füllt, mit Salzlösung füllte, durch Erwärmen derselben etwas Flüssigkeit austreten liefs, und dann die Spitze, ehe die Flüssigkeit durch Erkalten zurückgetreten war, rasch mit Siegellack zuschlofs. Dadurch nun, daß beim Erkalten durch das Zusammenziehen der Flüssigkeit über derselben ein luftleerer Raum entstand, gerieth sie in ein heftiges Kochen, wodurch dann der größte Theil der absorbirten Luft in die Spitze trat. Die Spitze wurde dann nahe der Kugel unter Quecksilber abgebrochen, und die Kugel in die entsprechende Röhre aufsteigen gelassen. Das Verfahren mußte ich jedoch verlassen, da mir eine ausgedehnte Versuchsreihe den Beweis lieferte, daß durch die enge Oeffnung der Kugel die Dampfbildung aus den Lösungen bedeutend modificirt wurde. Um nun durch die geringen Mengen Luft, welche in etwa 1,5^{grm} der Flüssigkeit enthalten sind, nicht gestört zu seyn, benutzte ich eben das Wasserrohr, indem ich in dasselbe eine gleiche Quantität destillirten Wassers brachte, das nach dem Kochen wieder einige Zeit gestanden hatte. Da nun die Flüssigkeiten, wenn sie in den Apparat hineingebracht waren, unter einem um etwa 230^{mm} geringeren Druck als dem der Atmosphäre sich befanden, wurde ein bedeutender Theil der absorbirten Luft aus ihnen frei, die sich dann als ein Bläschen von etwa 1^{mm} Durchmesser unter diesem Druck in der Spitze der Röhre ansammelte. Ich nahm dann den Apparat wieder auseinander und liefs das Luftbläschen durch Umkehren der Röhren und Nachfüllen eines Tropfens der Flüssigkeit austreten. Aus der verschiedenen Gröfse der

einzelnen Luftbläschen konnte man nun erkennen, daß je mehr Salz eine Flüssigkeit gelöst hat, dieselbe um so weniger Luft absorbirt enthält, so daß durch diese Differenz allerdings ein kleiner Fehler entsteht. In welcher Weise derselbe bemerklich wird, werde ich später zeigen.

4. Die Temperaturänderungen des Wasserbades brachte ich durch zwei Bunsen'sche Gaslampen hervor und die Gleichmäßigkeit der Temperatur in demselben durch zwei vermittelst eines Uhrwerks getriebene Rührer, welche in zwei Minuten ungefähr dreimal auf und nieder bewegt wurden. Ich erkannte jedoch bald, daß die Bewegung zur erforderlichen Mischung des Wassers nicht rasch genug sey, und brachte daher später durch einige heftige Züge an den Rührern vor jeder Messung die Gleichmäßigkeit der Temperatur hervor, welche durch Reguliren der Flammen dann constant erhalten wurde.

Die Temperatur-Bestimmungen geschahen durch vier Quecksilberthermometer, die an den vier Ecken in das Wasserbad hineinreichten, und deren Gefäße mit der Mitte des von dem Dampfe der Lösungen erfüllten Raumes der Röhren von gleicher Höhe waren. Ihr Null- und Siede-Punkt war häufig bestimmt und die einige Zehnthelle eines Grades der hunderttheiligen Scale betragenden Aenderungen des ersteren corrigirt. Sie controlirten sich außerdem gegenseitig, und die Richtigkeit ihrer Angaben war auf die vorhin erwähnte Weise geprüft worden. Die Theilung, auf den Röhren selbst eingätzt, ist in ganze Grade, der Grad hat aber eine solche Ausdehnung, daß man $0^{\circ},1$ mit Leichtigkeit schätzen kann. Ich bestimmte die Temperatur vor und nach jeder Messung und nahm nur die Versuche als gültig, bei denen keine Aenderung derselben bemerklich geworden war. Ueberdies stellte ich vor jeder Messung das Fernrohr des Kathetometers auf den Meniskus einer der Quecksilbersäulen ein, und machte die Messungen erst dann, wenn sich während einiger Minuten keine merkliche Aenderung desselben zeigte.

Die Ablesungen geschahen mittels eines Oertling'schen

Kathetometers, desselben, welches Hr. Magnus zur Bestimmung der Spannkkräfte des Wasserdampfes benutzt hat, und das mir derselbe gütigst zu Gebote stellte. Ueberhaupt fühle ich mich verpflichtet an dieser Stelle Hrn. Magnus Güte dankbarst anzuerkennen, der mir freundlichst gestattete, diese Untersuchung in seinem Laboratorium vorzunehmen.

Der Mechanismus der Versuche ist wohl ohne weiteres klar, und ich gehe daher über zur Mittheilung der erhaltenen Resultate.

5. Von den von mir gemessenen Spannkkräften des Dampfes aus reinem Wasser führe ich folgende an, indem ich zur Vergleichung die Angaben der HH. Magnus und Regnault beifüge.

Temperatur	Spannkkräfte des Wasserdampfes.		
	nach meinen Beob.	nach Magnus	nach Regnault
19,9° C.	16,69 ^{mm}	17,28 ^{mm}	17,28 ^{mm}
24,2	22,25	22,48	22,46
29,9	30,66	31,40	31,36
35,0	41,49	41,89	41,72
40,9	57,61	57,66	57,61
44,8	70,49	70,70	70,67
48,4	84,62	84,39	84,36
49,8	90,14	91,05	91,00
52,5	103,56	104,76	104,49
54,1	110,61	112,40	112,39
57,9	134,24	134,88	134,72
61,2	156,61	157,04	157,29
68,7	219,89	219,88	220,28
72,2	257,00	255,81	256,30
82,3	391,90	388,59	389,12

Es werden die Zahlen wohl schon zur Genüge den Beweis liefern, daß die Angaben der Thermometer hinlänglich genau waren, da die Unterschiede in den Zahlen durch Unterschiede in den Angaben der Thermometer von 0°,1 erklärt werden. Ebenso beweisen dieselben, daß die geringe Quantität Luft, welche bei dem angewandten Verfahren im Wasser absorbirt war, keinen bemerkbaren Einfluß hat.

6. Die folgenden Tabellen, in welchen die für die einzelnen Salze erhaltenen Zahlen mitgetheilt sind, haben die Einrichtung, daß in der ersten Columnne die beobachtete Temperatur, in der zweiten die derselben entsprechende Spannkraft des Wassers, in den folgenden die durch die über denselben angegebenen Salzmengen hervorgebrachte Verminderung sich befindet. In den beiden letzten Columnnen sind die durch ein Theil Salz auf 100 Wasser hervorgebrachten Verminderungen angegeben, in der ersteren berechnet aus den Beobachtungen, in der zweiten berechnet nach später zu entwickelnden Formeln.

In Bezug auf die Angabe des Procentgehaltes der Lösungen bemerke ich, daß derselbe die zu 100 Wasser gesetzten Salzmengen, nicht die in 100 Lösung befindlichen angiebt.

I. Chlornatrium.

Käufliches Kochsalz wurde mit Soda und reiner Salzsäure gereinigt, die Lösungen 5 — 10 — 15 — 20 — 25 — 30 Theile Salz auf 100 Wasser, welche in verschiedenen Reihen untersucht wurden, waren mit einer 0^{grm},005 noch mit Genauigkeit angehenden Waage dargestellt.

Tabelle der Spannkraftsverminderungen durch Kochsalz.

Temp.	Spannkraft d Wassers	Verminderungen der Spannkraft						Mittelwerth 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	30 pCt.	beob.	ber.
° C.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
19,9	17,28	0,98	1,47	2,27	—	—	4,06	0,149	0,104
21,2	22,45	1,18	2,08	2,97	—	—	5,16	190	140
29,9	31,36	1,11	2,05	3,48	—	—	6,39	210	190
30,8	33,02	—	2,88	4,17	5,27	6,96	—	270	200
35,0	41,82	1,79	3,11	4,70	—	—	8,13	300	251
35,4	42,74	—	3,34	4,77	6,01	7,75	—	310	260
39,5	53,43	—	3,77	5,46	7,15	9,33	—	370	320
40,9	57,61	2,07	3,56	5,75	—	—	11,61	380	350
40,9	57,61	2,02	3,52	5,22	7,48	—	11,85	379	378
42,6	62,97	—	4,16	5,95	8,33	11,01	—	420	410
44,8	70,27	2,19	4,12	6,80	—	—	11,09	450	420
45,7	73,98	—	4,87	6,85	9,42	12,40	—	480	443
48,4	84,36	2,87	5,16	7,93	11,62	—	17,84	560	510
49,1	87,93	—	5,64	8,12	11,49	14,86	—	570	530

Temp.	Spannkraft d. Wassers	Verminderungen der Spannkraft						Mittelwerth 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	30 pCt.	beob.	ber.
° C.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
49,8	91,09	2,84	5,81	8,98	11,36	—	18,20	0,590	0,550
52,5	104,49	3,08	6,15	8,67	12,44	—	20,92	620	630
53,8	110,87	—	7,03	9,60	14,25	17,72	—	690	670
54,1	112,59	3,47	6,64	10,61	13,56	—	22,18	708	680
56,6	126,84	—	8,51	11,69	16,15	20,19	—	800	760
57,9	134,88	4,05	8,11	11,08	16,62	—	26,84	830	820
59,0	142,01	4,12	7,98	12,53	16,68	—	—	830	850
60,6	152,99	—	10,38	13,77	—	22,95	—	920	920
60,9	155,09	—	10,09	13,90	18,79	23,54	—	940	932
61,2	157,29	4,75	—	13,46	19,69	—	—	950	945
62,2	165,07	—	10,27	—	20,51	25,90	—	1,030	992
63,8	177,11	—	9,93	14,78	20,76	27,38	—	030	1,040
64,7	184,45	—	11,17	14,91	—	25,85	—	050	106
64,8	185,27	—	9,88	15,02	21,45	27,97	—	090	110
67,8	211,73	—	12,94	17,78	—	30,07	—	210	272
67,9	212,67	—	11,85	18,07	26,44	30,26	—	230	273
68,6	219,36	6,83	12,84	17,80	27,49	—	—	360	316
68,7	220,24	—	12,04	18,31	25,59	—	—	250	318
72,2	256,27	—	14,51	21,42	30,20	39,78	—	510	520
75,3	292,20	—	16,47	—	34,20	45,14	—	700	750
75,5	294,66	—	16,97	—	36,01	46,66	—	780	769
78,6	335,01	—	—	—	38,94	49,29	—	870	2,013
82,2	388,33	—	21,58	—	46,20	59,41	—	2,240	331
85,7	445,09	—	25,30	—	52,58	65,90	—	614	774
88,5	496,15	—	28,64	—	59,94	—	—	850	976
91,2	549,92	15,84	32,37	—	66,70	—	—	3,280	3,290
92,0	566,76	—	33,83	—	69,55	—	—	445	401
92,0	566,76	—	34,24	51,84	74,76	—	—	573	401
100,5	775,40	—	44,90	62,92	92,41	—	—	4,450	4,650
100,7	779,26	—	49,31	—	94,99	—	—	800	670

II. Schwefelsaures Natron.

Durch Erhitzen wurde das Salz vollkommen wasserfrei gemacht und von dem wasserfreien Salze Lösungen mit 5, 10, 15, 20, 25 Theilen auf 100 Wasser hergestellt.

Tabelle der Spannkraftsverminderungen durch Glaubersalz.

Temp.	Spannkraft des Wasserdampfes	Verminderung durch					Mittelw. 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	beob.	berechn.
26,3	25,43	0,40	0,70	1,20	1,60	—	0,080	0,060
27,9	27,93	—	0,85	1,35	—	—	087	067
28,7	29,27	0,59	1,08	1,58	1,98	2,37	100	070
32,2	35,76	0,69	1,19	1,78	2,27	2,77	110	085

Temp.	Spann- kraft des Wasser- dampfes	Verminderung durch					Mittelw. 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	beob.	berechn.
35,7	43,43	0,74	1,44	2,13	2,72	3,22	0,140	0,102
39,5	53,46	4,78	1,57	2,37	3,27	3,96	157	127
40,2	54,50	—	—	2,48	2,97	3,66	155	128
42,7	63,35	0,88	1,68	2,47	3,26	4,10	165	150
44,7	70,31	1,08	2,08	2,98	—	4,82	198	160
45,4	72,58	—	2,08	3,27	4,06	4,85	203	171
47,2	79,90	1,10	2,10	3,00	4,00	4,90	216	189
47,6	81,53	1,18	2,18	3,17	4,26	5,35	215	192
49,6	90,18	—	—	—	4,70	5,64	230	213
50,6	93,88	—	—	3,66	4,75	6,04	241	221
52,5	104,01	1,38	2,87	4,06	5,34	6,73	271	220
55,1	118,04	1,58	3,20	—	6,51	8,15	325	278
57,1	129,88	1,58	3,07	4,66	6,24	7,52	309	307
58,4	138,14	1,48	3,06	4,75	6,23	7,71	309	325
60,6	152,61	1,78	3,62	5,63	7,22	8,80	361	384
61,7	160,96	1,97	4,20	6,39	8,45	—	420	380
63,9	177,92	—	4,54	6,72	8,30	10,38	430	419
65,8	193,74	—	—	7,90	10,08	12,00	509	459
67,3	205,13	2,47	5,15	7,71	10,09	12,45	500	484
69,8	231,10	—	—	8,49	11,06	13,62	553	545
72,5	259,57	3,45	6,42	9,48	12,83	15,80	641	614
73,9	275,47	—	6,21	9,47	12,43	15,39	621	640
76,2	303,37	3,35	7,30	10,68	13,92	17,16	698	715
78,7	336,38	—	—	12,02	15,48	18,93	770	792
79,5	347,53	4,10	8,28	12,22	15,77	20,11	806	820
81,1	370,79	4,30	8,76	13,20	17,64	—	878	875
84,0	416,29	—	9,45	14,48	18,02	22,85	925	980
86,5	459,21	—	11,22	17,03	22,40	28,40	1,125	1,084
86,8	464,64	5,50	11,20	16,72	22,14	—	111	096
87,1	470,04	—	10,92	16,34	21,36	26,78	075	109
89,9	523,45	6,10	11,88	18,60	24,40	31,50	218	235
91,0	545,78	—	12,15	18,10	24,10	30,30	210	288
93,2	592,82	6,84	14,35	20,85	27,95	34,51	390	397
95,8	657,73	8,14	15,23	23,00	28,90	38,04	525	540
96,9	679,55	7,80	15,20	—	—	—	530	602
100,1	761,40	—	—	28,70	37,60	47,00	881	800
100,2	764,80	9,53	18,37	28,39	36,55	—	837	805
100,6	776,71	—	18,66	27,50	36,34	45,67	833	839

III. Salpetersaures Natron.

Aus dem nach vorgängiger Untersuchung als chemisch rein befundenen Salze wurden Lösungen von 10, 20, 30 Theilen auf 100 Wasser hergestellt.

Tabelle der Spannkraftsvermindierungen durch Chilisalpeter.

Temp.	Spannkraft des Wasserdampfes	Verminderung durch			Mittelw. für 1 pCt.	
		10 pCt.	20 pCt.	30 pCt.	beobacht.	berechnet
23,1	21,01	0,50	1,19	1,59	0,055	0,066
27,1	26,66	0,60	1,34	1,89	063	080
29,1	29,95	0,79	1,54	2,33	077	082
31,5	34,36	1,09	2,08	3,08	104	108
37,5	48,25	1,39	2,88	4,37	144	150
39,4	53,14	1,68	3,27	4,76	161	167
41,5	59,48	1,79	3,72	5,45	182	187
44,0	67,79	2,13	4,46	6,57	220	212
47,3	80,33	2,77	5,59	8,37	279	258
49,1	87,93	2,68	5,65	8,52	281	277
51,5	99,10	3,27	6,53	9,90	329	324
55,1	118,04	3,85	7,78	11,80	391	380
56,5	126,24	4,06	8,31	12,32	411	411
58,5	138,76	4,36	8,70	13,26	439	463
62,5	166,98	6,13	12,06	17,40	593	551
64,5	182,12	6,52	13,04	19,27	647	606
65,6	201,07	6,77	13,73	20,65	685	670
68,9	222,29	7,60	15,50	22,81	765	748
70,5	238,24	8,68	17,27	25,96	865	807
72,5	260,60	8,88	17,77	26,36	883	883
75,4	293,00	11,24	21,31	31,18	1,056	1,002
78,7	336,33	11,92	23,76	34,91	176	170
81,5	376,85	13,80	27,70	40,70	370	315
83,4	406,57	15,07	30,33	45,02	507	433
86,0	450,34	16,54	32,99	49,23	646	620
88,7	499,98	18,60	36,02	53,15	796	796
92,6	579,67	20,46	41,90	62,26	2,077	2,143
94,9	631,44	22,10	44,70	65,38	203	330
100,3	768,20	27,28	54,20	79,07	676	900

IV. Chlorkalium.

Aus reinem Chlorkalium wurden Lösungen von 10—20 Theilen Salz auf 100 Wasser hergestellt.

Tabelle der Spannkraftsvermindierungen durch Chlorkalium.

Temp.	Spannkraft des Wasserdampfes	Verminderung durch		Mittelwerth für 1 pCt.	
		10 pCt.	20 pCt.	nach d. Beobacht.	nach der Formel
23,1° C.	21,01 ^{mm}	0,70 ^{mm}	1,39 ^{mm}	0,0697	0,0818
27,1	26,66	0,90	1,89	093	103
29,1	29,95	1,04	1,94	099	116

Temp.	Spannkraft des VVasser- dampfes.	Verminderung durch		Mittelwerth für 1 pCt.	
		10 pCt.	20 pCt.	nach d. Beobacht.	nach der Formel
31,5° C.	34,36 ^{mm}	1,19 ^{mm}	2,58 ^{mm}	0,126	0,132
37,3	48,25	1,79	3,67	182	187
39,4	53,14	1,98	4,07	201	206
41,5	59,48	2,28	4,66	231	231
44,0	67,79	2,88	5,75	288	264
47,3	80,33	3,51	6,93	348	341
49,1	87,93	3,47	6,94	347	347
51,7	100,00	4,46	9,11	453	395
55,1	118,04	4,72	9,34	469	467
56,5	126,24	5,19	10,68	529	499
58,5	138,76	5,54	11,68	574	552
62,5	166,98	7,31	14,43	724	666
64,5	182,12	7,20	14,80	733	729
65,6	201,07	8,00	16,40	813	840
68,9	222,29	9,18	17,87	901	892
70,5	238,24	9,86	19,72	986	969
72,5	260,60	11,55	22,70	1,142	1,054
75,4	293,30	12,22	24,25	218	192
78,7	336,33	13,70	27,98	390	372
81,5	376,85	15,07	30,35	514	547
83,4	406,57	17,04	33,90	691	686
86,0	450,34	18,55	37,81	879	868
88,7	500,00	20,50	42,03	2,084	2,084
92,6	579,67	23,46	48,19	388	409
94,9	631,44	26,55	53,97	684	684
100,3	768,20	30,78	61,90	3,089	3,200

V. Einfach schwefelsaures Kali.

Da das Salz sehr schwer löslich ist, so wurden nur Lösungen von 5 und 10 Theilen Salz auf 100 Wasser untersucht.

Tabelle der Spannkraftsvermindernngen durch schwefelsaures Kali.

Temp.	Spannkraft des VVasser- dampfes	Verminderung durch		Mittelwerth für 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	beob.	berechn.
28,0° C.	28,10 ^{mm}	0,59 ^{mm}	1,28 ^{mm}	0,124 ^{mm}	0,111 ^{mm}
32,2	35,76	0,89	1,68	171	141
34,9	41,59	0,99	1,98	198	163
36,7	45,94	1,19	2,38	238	181
39,3	52,79	1,20	2,20	227	208
40,1	55,21	1,19	2,38	238	217
42,7	63,35	1,18	2,56	249	249
45,6	73,74	1,69	3,47	342	283
47,2	79,91	1,78	3,56	356	295

Temp.	Spannkraft des Wasser- dampfes	Verminderung durch		Mittelwerth für 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	beob.	berechn.
49,5° C.	89,73 ^{mm}	1,88 ^{mm}	3,96 ^{mm}	0,389 ^{mm}	0,331 ^{mm}
51,6	99,59	1,97	3,85	388	365
53,1	107,16	2,17	4,15	421	389
56,0	123,24	2,08	4,25	422	443
57,6	133,06	2,16	4,44	440	476
60,3	150,90	2,37	4,94	487	532
61,5	159,50	—	5,34	534	561
63,4	173,95	2,76	5,52	552	600
65,7	192,93	3,06	6,31	625	665
68,5	220,29	3,65	7,50	743	755
69,3	226,14	3,55	7,00	704	760
73,5	270,88	4,34	8,48	855	897
76,3	304,66	4,54	9,37	930	978
77,7	322,84	5,22	10,45	1,045	1,033
80,4	360,49	5,41	11,10	100	100
81,4	375,34	5,01	10,90	060	120
83,6	403,81	6,60	12,81	294	173
88,5	496,15	6,80	14,78	425	331
89,4	513,56	7,57	14,26	455	465
90,9	543,72	7,39	14,96	490	512
95,1	636,12	8,39	17,34	715	666
100,8	782,08	9,00	18,10	806	834
100,9	785,12	9,50	18,10	840	837

VI. Salpetersaures Kali.

Kalisalpeter wurde durch mehrmaliges Umkrystallisiren gereinigt und in mehreren Versuchsreihen 5, 10, 15, 20, 25, 30 procentige Lösungen untersucht.

Tabelle der Spannkraftverminderungen durch Kalisalpeter.

Temp.	Spann- kraft d. Wasser- dampfes	Verminderung der Spannkraft durch						Mittelwerth 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	30 pCt.	beob.	ber.
38,4	50,38	0,49	0,99	1,48	1,88	2,38	—	0,099	0,100
42,4	62,33	0,69	1,29	2,08	2,67	3,27	—	129	12
46,7	78,07	0,89	1,78	2,67	3,37	3,96	—	160	16
47,0	79,09	0,99	1,78	2,48	3,37	4,46	—	170	165
50,7	95,29	1,28	2,47	3,76	4,45	—	—	24	19
53,1	107,16	1,28	2,47	3,76	4,46	5,85	—	24	22
53,9	111,41	1,28	2,26	3,85	4,24	5,63	—	23	23
60,9	155,13	1,88	3,56	5,24	6,52	8,31	—	33	33
61,3	158,62	1,68	3,36	5,34	6,43	8,11	—	38	34
61,6	160,06	1,97	3,95	6,13	7,12	—	—	38	345
61,7	160,94	—	3,56	—	7,36	—	10,97	36	35

Temp.	Spann- kraft des VVasser- dampfs	Verminderung der Spannkraft durch						Mittelwerth 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	30 pCt.	beob.	ber.
° C.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
65,2	188,64	—	4,54	—	8,96	—	12,65	0,43	0,41
65,8	193,74	2,12	4,49	6,91	8,69	11,16	—	44	42
65,8	193,74	2,27	4,54	7,21	8,49	—	—	45	42
69,6	229,13	—	5,53	—	10,27	—	15,70	52	52
70,3	234,18	2,76	5,42	8,05	10,02	12,85	—	53	54
70,6	239,45	2,66	5,13	9,08	—	—	—	55	56
72,3	257,37	2,86	5,33	8,78	11,25	13,91	—	56	59
72,7	263,77	3,35	5,71	9,96	12,14	15,57	—	62	59
75,9	299,60	3,45	6,21	10,55	12,97	16,91	—	61	68
76,3	304,64	3,74	6,71	10,35	13,30	16,86	—	68	69
78,6	334,97	—	7,38	—	—	—	22,85	76	79
81,0	369,28	4,43	7,88	13,10	16,00	19,60	—	81	87
81,6	378,36	4,23	9,45	13,60	15,96	20,19	—	84	89
82,6	393,72	4,92	9,85	14,78	—	—	—	98	94
83,0	400,10	—	9,65	—	—	—	28,77	96	95
86,3	455,68	5,31	10,24	15,95	19,20	24,16	—	1,00	1,11
87,9	484,81	—	10,82	—	—	—	33,76	11	20
91,4	554,09	—	11,31	—	—	—	37,48	22	40
93,3	595,09	6,88	13,77	20,45	27,73	34,72	—	38	46
94,2	615,29	—	14,95	—	—	—	48,31	53	61
95,3	640,83	—	14,74	22,61	29,41	—	—	48	66
97,0	682,03	—	16,51	—	—	—	48,25	62	84
100,6	776,48	11,29	21,21	32,21	40,46	—	—	2,15	2,17
100,8	782,04	—	21,62	—	—	—	—	16	18

VII. Rohrucker.

Es wurde zu den Lösungen weißer krystallisirter Kandiszucker benutzt und Lösungen von 50, 100, 150 Theilen Zucker auf 100 Wasser hergestellt.

Tabelle der Spannkraftsverminderungen durch Rohrucker.

Temp.	Spann- kraft des VVasser- dampfs	Verminderung durch			Mittelwerth 1 pCt.	
		50 pCt.	100 pCt.	150 pCt.	beobacht.	berechnet
29,2	30,13	1,49	2,68	3,97	0,027	0,021
34,9	41,59	1,88	3,77	5,56	0373	030
39,3	92,89	2,08	3,97	6,15	04007	0372
40,1	55,20	2,38	4,66	6,85	046	039
42,7	63,35	2,28	4,76	7,19	0474	0445
44,2	69,59	2,67	5,45	8,23	0578	0493
47,2	79,91	2,97	6,24	9,41	062	0562
51,6	99,58	3,86	7,23	11,29	0746	0700
53,8	110,88	—	7,22	10,99	0720	0781
56,0	123,24	5,04	9,75	15,04	099	0870

Temp.	Spann- kraft des Wasser- dampf's	Verminderung durch			Mittelwerth 1 pCt.	
		50 pCt.	100 pCt.	150 pCt.	beob.	berechn.
61,5	159,50	5,93	11,96	18,49	0,1212	0,1116
66,8	202,60	7,01	13,93	21,54	1426	1426
69,3	226,14	8,19	15,80	24,88	1620	1591
73,1	266,29	8,98	16,99	26,67	1753	1800
77,7	322,84	11,36	21,98	32,44	2192	2141
80,4	360,49	11,85	24,05	37,85	2458	2400
81,4	375,34	11,74	24,50	35,90	2405	2462
83,6	409,81	13,30	26,90	40,78	2700	2686
88,5	496,15	—	31,20	46,95	3126	3246
90,9	543,72	16,43	34,14	51,85	0341?	
95,1	636,12	—	39,20	60,46	3986?	
96,7	674,60	21,12	43,73	68,31		
100,9	784,83	23,76	49,79	79,85		

7. Ueberblicken wir die erhaltenen Zahlen, indem wir zunächst die in derselben Horizontalreihe enthaltenen, also die durch verschiedene Mengen desselben Salzes hervorgebrachten Verminderungen vergleichen, so zeigt sich zunächst, dafs dieselben in eben demselben Verhältnisse zu einander stehen, wie die Salzmen gen selbst; dafs also die Verminderungen der Spannkraft in allen Fällen und in allen Temperaturen proportional sind dem Salzgehalt der Lösung. Denn dividiren wir die bei den verschiedenen Lösungen stattfindenden Verminderungen durch den entsprechenden Procentgehalt derselben, so sind die Quotienten, die durch ein Theil Salz auf 100 Wasser hervorgebrachte Verminderung, in derselben Horizontalreihe stets nahezu dieselben. Oder vielmehr berechnen wir aus sämmtlichen demselben Salze und derselben Temperatur angehörigen Zahlen, indem wir sie summiren und diese Summe durch die Summe der angewandten Salzmen gen dividiren, die durch 1 Proc. Salz hervorgebrachte Verminderung, (die Zahlen sind als beobachtete Mittelwerthe für 1 Proc. in der vorletzten Columne aufgeführt) so unterscheidet sich dieser Werth von den aus den einzelnen Beobachtungen hergeleiteten Werthen nur um Gröfsen, welche durchweg in die Gränzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler fallen.

8. Werden wir uns zunächst klar über die Größe derselben. Sie zerfallen in solche, welche mit steigender Temperatur zunehmen und welche in allen Temperaturen dieselben bleiben. Letztere sind Folge der Verschiedenheit in der Gestalt der verschiedenen Menisken und der Unsicherheit in der Einstellung des Fadenkreuzes auf dieselben; erstere der Verschiedenheit der Temperatur an den verschiedenen Stellen des Wasserbades.

Für die durch die Unsicherheit der Einstellung des Kathetometers hervorgebrachten Fehler giebt Hr. Magnus in seiner Untersuchung über die Spannkraft der Wasserdämpfe folgende Gränze an, welche ich auch hier annehmen kann, da ich mit demselben Kathetometer und derselben Vorsicht meine Messungen machte.

»Zunächst ist«, sagt Hr. Magnus a. a. O., »das Einstellen eines Fernrohres auf eine Quecksilberkuppe durch Spiegelung stets unsicher: Dann bleibt bei der Führung des Fernrohrs längs des Kathetometers die Axe desselben nicht vollkommen parallel; diesen letzteren Uebelstand habe ich dadurch geringer gemacht, daß ich das Fernrohr immer zu hoch einstellte, dann an das Kathetometer festklemmte, und mittels der Mikrometerschraube allmählich herabliefs, bis der Faden die Quecksilberkuppe berührte, überhaupt die Mikrometerschraube immer in demselben Sinne wirken liefs. Mittels dieser Vorsicht betrug die Summe der Fehler höchstens $0^{\text{mm}},15$.«

Nehmen wir ferner an, daß die Verschiedenheit in der Gestalt der Quecksilberkuppen in den verschiedenen Röhren, welche selbst durch Schütteln und Stößen des ganzen Apparates nicht vollständig weggeschafft werden konnte, einen ähnlichen Fehler, vielleicht $0,2^{\text{mm}}$ hervorbringen konnte, so erhalten wir als Summe dieser Fehler $0,35^{\text{mm}}$, ein Fehler der in Temperaturen unter 40° C. wohl kaum überschritten wird.

Der bedeutendste, besonders in höheren Temperaturen hervortretende, Fehler wird aber durch die Verschiedenheit der Temperatur an den verschiedenen Stellen des Wasserbades hervorgebracht. Derselbe zeigt sich am stärksten beim

Kochsalz, wo er bis 4^{mm} steigt, da ich dort noch nicht die Vorsicht anwandte, vor jeder Messung durch einige heftige Züge an den Rührern das Wasser gehörig zu mischen. Bei den anderen Salzen überschreiten die Fehler kaum die Grösse von 2^{mm}. Wenn man nun erwägt, daß in Temperaturen über 60° der durch einen Unterschied in der Temperatur von nur 0°,1 bedingte Fehler schon 1^{mm} beträgt, der über 80° bald 2^{mm} überschreitet, so wird man keine grössere Genauigkeit in den erhaltenen Resultaten erwarten können; da ein Temperaturunterschied von 0°,1 bei Röhren, die im Wasserbade 6" auseinanderstehen, selbst bei der grössten Vorsicht wohl nicht zu vermeiden ist. Auch die Abweichungen zwischen den, später zu entwickelnden Formeln, nach den berechneten Werthen und den beobachteten, sind durchschnittlich nicht grösser als sie durch diese Fehlerquellen bedingt werden.

Die Fehler, welche dann noch durch eine Ungenauigkeit im Procentgehalte der Lösungen bewirkt werden können, dürfen wir ganz unberücksichtigt lassen, da die Gewichte bis auf 0^{sr},005 bestimmt, der dadurch entstandene Fehler also, da ich durchschnittlich 50^{sr} Wasser nahm, im schlimmsten Falle 0,01 Proc. betragen kann. Dieser Fehler macht sich aber erst in viel späteren Decimalen bemerklich.

Ebenso kann der Fehler, welcher durch die unbedeutende Differenz der in den angewandten Lösungen absorbirten Luftmengen entsteht, hier noch ganz ausser Acht gelassen werden.

Beachten wir dieses, so ergibt sich aus den erhaltenen Zahlen unzweideutig das Gesetz:

»Die Verminderungen der Spannkkräfte des Wasserdampfes durch gelöstes Salz sind bei derselben Temperatur direct proportional den Mengen des gelösten Salzes.«

9. Von den untersuchten Stoffen zeigt jedoch einer eine Abweichung von dem gefundenen Gesetze, nämlich der Rohrzucker. Berechne ich nämlich hier in Temperaturen über 90° wie bisher den Mittelwerth für 1 Proc., und darnach wieder rückwärts die diesem entsprechenden Verminderungen der angewandten Lösungen, so ist bei 90°,9 C. der

Mittelwerth = $0^{\text{mm}},341$, und es zeigt sich zwischen den beobachteten und darnach berechneten Verminderungen die Differenz

90°, 9 C.		Mittelw. 0,341	
Beobachtet.		Berechnet.	Differenz.
50 Proc.	16 ^{mm} ,43	17 ^{mm} ,05	+ 0 ^{mm} ,62
100 "	34 ,14	34 ,14	
150 "	51 ,85	51 ,15	+ 0 ,70
95°, 1 C.		Mittelw. 0,398	
100 Proc.	39 ,20	39 ,80	— 0 ,60
150 "	60 ,46	59 ,70	+ 0 ,76
96°, 7 C.		Mittelw. 0,444	
50 Proc.	21 ,22	22 ,20	— 0 ,98
100 "	43 ,73	44 ,40	— 0 ,67
150 "	68 ,31	66 ,60	+ 1 ,71
100°, 9 C.		Mittelw. 0,511	
50 Proc.	23 ,76	25 ,55	— 1 ,79
100 "	49 ,79	51 ,21	— 1 ,32
150 "	79 ,85	76 ,66	+ 3 ,10

Sind diese Abweichungen auch nicht zu groß, so daß sie möglicherweise durch die Beobachtungsfehler noch hinreichend erklärt werden könnten, so läßt die regelmässige Vertheilung derselben dieses jedoch nicht zu. Denn es zeigt sich, daß bei steigendem Procentgehalt in allen beobachteten Fällen die Verminderungen der Spannkraft rascher wachsen als die Procentgehalte selbst. Da jedoch der Rohrzucker bis 90° C. genau dem Gesetze folgt, so halte ich diese Ausnahme nur für scheinbar, die sich folgendermaßen erklären läßt. Der Rohrzucker verwandelt sich bekanntlich, wenn er in seiner wässerigen Lösung längere Zeit der Siedetemperatur ausgesetzt wird durch Aufnahme der Elemente des Wassers in Zucker anderer Art. Nehmen wir an, daß jene Umsetzung schon bei 90° C. beginnt, so ist die Abweichung klar; denn durch diese Verwandlung erhält man nicht nur Lösungen eines andern Stoffes, sondern auch solche, deren Concentrationen in einem ganz andern Verhältnisse stehen, als dem angewandten.

10. Das Glaubersalz war als wasserfreies Salz angewandt, indem die entsprechenden Gewichtstheile des wasserfreien Salzes zu 100 Theilen Wasser gebracht wurden. Die erhaltenen Zahlen zeigen, daß die Verminderungen der Spannkraften wachsen direct wie die Mengen des wasserfreien im Wasser gelösten Salzes. Es geht daraus hervor, daß in dieser Beziehung das Salz nicht als wasserhaltiges wirkt, sondern als wasserfreies, daß also die Lösungen nicht als solche des wasserhaltigen Salzes, sondern als solche des wasserfreien Salzes anzusehen sind. Denn würde das Salz erst sein Krystallwasser an sich nehmen, und die wasserhaltige Verbindung als solche sich lösen und anziehend auf die Wassertheilchen wirken, so würde der Procentgehalt der angewandten Lösungen nicht in dem Verhältnisse 1 : 2 : 3 : 4 : 5 stehen, sondern da das Salz aus dem Lösungswasser seine 10 Aequivalente Krystallwasser an sich nimmt wie 1 : 2,14 : 3,57 : 5,02 : 6,87 sich verhalten. Ganz dasselbe zeigte sich auch bei Anwendung von schwefelsaurem Kupferoxyd, mit dem ich einige Versuche anstellte, die ich jedoch nicht messend verfolgen konnte.

Es möchte das den Schluß erlauben, daß diese Salze so lange sie gelöst sind nicht mit ihrem Krystallwasser als solchem verbunden sind, sondern daß sie es erst an sich ziehen, wenn sie aus der Lösung krystallisiren. Daraus würde dann folgen, daß die bisherige Erklärungsweise von der Abnormität der Löslichkeit des Glaubersalzes, die in der Annahme bestand, daß unter 33° das Salz als wasserhaltiges über 33° aber als wasserfreies gelöst sey, nicht zulässig ist. Wollte man aber auch jenen Schluß nicht gelten lassen, so wird letzteres doch wohl dadurch widerlegt, daß sich in den durch Glaubersalz hervorgebrachten Verminderungen der Spannkraft unter 33° und über dieser Temperatur durchaus kein auffallender Unterschied zeigt, den man doch erwarten müßte, wenn eine so bedeutende Aenderung in der Constitution der Lösung stattfände.

Aus dem hier angeführten folgt nun auch, daß die eingangs erwähnte Annahme des Hrn. v. Babo über die Con-

stitution der Lösung, dafs nämlich ein Atom des gelösten Salzes mit der entsprechenden Anzahl Wasseratome sich verbinde, nicht zulässig ist.

Das hier Gesagte steht nicht mit dem beim Zucker Beobachteten im Widerspruch, da der Rohrzucker nicht das Wasser als solches aufnimmt, und eine wasserhaltige Verbindung bildet, da er im Gegentheil durch Aufnahme der Elemente des Wassers in einen ganz neuen Körper mit andern Eigenschaften verwandelt wird.

11. Eine so einfache Gesetzmässigkeit, als sie dem in Zusammenhange der Menge des gelösten Salzes und der durch dasselbe hervorgebrachten Verminderungen sich zeigt, läfst sich nicht erkennen in dem Verlaufe, welchen die Verminderungen in verschiedenen Temperaturen nehmen. Zwar zeigen die erhaltenen Zahlen sofort, dafs die Verminderungen rascher wachsen als die Temperaturen, ja wenn man sie mit den ihnen entsprechenden Spannkraften des reinen Wassers vergleicht, dafs sie nahezu in demselben Verhältnifs zunehmen wie diese. Eine genauere Analyse der erhaltenen Zahlen zeigt aber, dafs das nicht für alle Salze der Fall ist, dafs im Gegentheil das Gesetz, dem die Verminderungen in verschiedenen Temperaturen sich anschliessen, bei den verschiedenen Salzen ein verschiedenes ist. Ein Bild dieser Verschiedenheit giebt Fig. 3 Taf. V in der unter die Curve der Spannkraft des reinen Wassers *SW* die aus 100procentigen Lösungen folgender Salze verzeichnet sind, so dafs *SA* die Spannkraften einer solchen Kochsalzlösung, *SB* die einer Lösung von Chorkalium, *SC* die einer Lösung von salpetersaurem Natron, *SD* die einer Glaubersalzlösung, *SE* die einer Lösung von schwefelsaurem Kali und endlich *SF* die Spannkraften einer 100 procentigen Lösung von Kalisalpeter zwischen 0 und 100° C. darstellen.

Wegen der innigen Beziehung der Spannkraftsverminderungen zu den Spannkraften des Dampfes aus reinem Wasser und weil dann die Verschiedenheiten in ihrem Verlaufe deutlicher hervortreten, habe ich es vorgezogen dieselben direct nicht als Functionen der Temperatur zu bestimmen,

sondern als Functionen eben der Spannkräfte des Dampfes aus reinem Wasser. Die Darstellung dieser Functionen bietet Fig. 4 Taf. V, in der die Spannkräfte des Dampfes aus reinem Wasser auf der Abscissenaxe, die jeder Spannkraft entsprechende Verminderung für 1 Proc. Salz in 50 fachem Maassstabe als Ordinaten aufgetragen sind. Für Zucker habe ich den Maassstab noch verzehnfacht, da bei diesem die Gröfsen sonst noch zu klein geblieben wären. Von den verzeichneten Curven ist *OA* die für Kochsalz, *OB* die für Glaubersalz, *OC* die für Kalisalpeter, *OD* die für Natronsalpeter, *OE* die für Chlorkalium, *OF* die für schwefelsaures Kali, *OG* die für Rohrzucker.

12. Man sieht sofort, dafs nur zwei der untersuchten Salze, Kochsalz und Glaubersalz, dann einem einfachen Gesetze folgen, dafs sie in allen Temperaturen die Spannkraft in demselben Verhältnisse vermindern. Die Curven, welche die Verminderungen darstellen sind daher hier gerade Linien. Die übrigen Salze weichen mehr oder weniger davon ab, und zwar drei, salpetersaures Natron, salpetersaures Kali und Chlorkalium, indem die durch sie hervorgebrachten Verminderungen der Spannkräfte rascher wachsen als die Spannkräfte selbst; die Curven, welche dieselben darstellen, wenden daher der Abscissenaxe ihre convexe Seite zu. Die beiden anderen untersuchten Stoffe, einfach-schwefelsaures Kali und Zucker, weichen nach der entgegengesetzten Seite ab; die durch sie erzeugten Verminderungen nehmen bei steigender Temperatur nicht so schnell zu als die Spannkräfte des reinen Wassers. Die Curven, welche den Verlauf derselben zeigen, wenden daher der Abscissenaxe ihre concave Seite zu.

Um den mathematischen Ausdruck dieser Curven zu erhalten, wandte ich die einfachste Form der Interpolationsausdrücke an, nach steigenden Potenzen der Veränderlichen voranschreitende Reihen. Die Coëfficienten für Kochsalz und Glaubersalz bestimmte ich als den Mittelwerth der Quotienten der Verminderungen getheilt durch die entsprechenden Spannkräfte. Für Salpeter wandte ich die Methode der kleinsten Quadrate an, für die anderen Salze berechnete

ich die Coëfficienten aus einzelnen beobachteten Werthen. Ich glaubte die langwierigen Rechnungen nach der Methode der kleinsten Quadrate da umgehen zu können, weil der genauere numerische Ausdruck von geringerem Interesse ist, da der auf einfacherem Wege erhaltene hinreicht, die vorhandenen Unterschiede deutlich zu machen. Die auf diese Weise erhaltenen Gleichungen sind folgende:

- | | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| I. Für Kochsalz | $V = 0,00601 T$ |
| II. » Glaubersalz | $V = 0,00236 T$ |
| III. » salpetersaur. Natr. | $V = 0,00315 T + 0,000000907 T^2$ |
| IV. » Chlorkalium | $V = 0,00390 T + 0,000000538 T^2$ |
| V. » einf. schwefels. Kali | $V = 0,00383 T - 0,0000019 T^2$ |
| VI. » salpeters. Kali | $V = 0,00196 T + 0,00000108 T^2$ |
| VII. » Rohrzucker | $V = 0,00074 T - 0,00000012 T^2$ |

worin V die der Spannkraft T entsprechende Verminderung derselben durch ein Theil Salz auf 100 Wasser bedeutet. Nach diesen Formeln sind die als berechnet angegebenen in den letzten Columnen der Tabellen enthaltenen Zahlen erhalten.

Es wird auffallend erscheinen, dafs in den niederen Temperaturen die Differenzen zwischen den aus den Beobachtungen und den hiernach berechneten Werthen durchgängig in demselben Sinne liegen, so dafs die beobachteten Werthe aufser bei Chlorkalium und Chilisalpeter stets etwas zu grofs sind. Es hat dieses seinen Grund in der bereits §. 3 erwähnten Fehlerquelle, die bei den bisherigen Angaben unbeachtet gelassen werden konnte. Ich bemerkte dort, dafs bei aller Vorsicht ein Fehler dadurch hätte entstehen müssen, dafs eine Salzlösung weniger Luft absorbirt enthält als reines Wasser, die Salzlösungen selbst aber um so weniger, je mehr Salz sie enthalten. Ersteres bewirkt, dafs die Spannkraft des Wasserdampfes dadurch etwas vergrößert wird, die Verminderungen daher zu grofs ausfallen müssen, letzteres, dafs bei Vergleichung der Verminderungen untereinander der Fehler nicht bemerklich wird. Je gröfser nun die Spannung des Dampfes wird, um so mehr tritt dieser Fehler zurück, er wird in höheren Temperaturen daher unmerklich.

Dafs dieses der Grund ist, beweist auch der Umstand, dafs bei Chlorkalium und salpetersaurem Natron der Fehler in entgegengesetztem Sinne auftritt. Die Salze wurden zusammen untersucht; als ich nun dabei die Röhren nach der §. 3 erwähnten Vorsicht aus dem Apparate losnahm, um die Luftbläschen, welche die Verminderung des Drucks aus den Flüssigkeiten entbunden hatte, zu entfernen, verunglückte das Wasserrohr. Bei der neuen Instandsetzung brachte ich nun, weil die Lösungen einen Theil der Luft abgegeben hatten, neuerdings gekochtes Wasser in das Barometer. Dasselbe war luftfreier als die Lösungen, daher sind die beobachteten Werthe der Verminderungen, soweit der Fehler überhaupt von Einfluß ist, zu klein. Dafs übrigens eine gröfsere Genauigkeit in den Formeln die berechneten Werthe den beobachteten noch mehr anschliessen würde, unterliegt keinem Zweifel.

13. Die berechneten Ausdrücke haben ihre Gültigkeit nur zwischen den beobachteten Temperaturgränzen. Für Kochsalz und Chlorkalium schliessen sie sich jedoch auch in höheren Temperaturen anderweitig vorliegenden Beobachtungen an. Ich habe leider keine Versuche in höhern Temperaturen als der des siedenden Wassers anstellen können, es zeigt sich dieses jedoch, wenn ich durch Umkehren der Formeln die Siedepunkte der Lösungen berechne und diese mit den Angaben Legrand's ¹⁾ vergleiche. So erhalte ich für den Siedepunkt einer gesättigten Kochsalzlösung (41,2 Theile Salz auf 100 Wasser) $108^{\circ},1\text{ C.}$, während Legrand denselben zu $108^{\circ},6$ angiebt. Für Chlorkalium erhalte ich als Siedepunkt einer Lösung, welche 60 Theile Salz enthält auf 100 Wasser den Siedepunkt 109° C. , während Legrand für eine Lösung von 59,4 Theilen Salz in 100 Wasser die Temperatur $108^{\circ},55\text{ C.}$ angiebt.

Bei den andern von mir untersuchten Salzen, für welche zugleich von Legrand ausgedehnte Siedepunktsbestimmungen vorliegen, zeigt sich diese Uebereinstimmung nicht, es sind salpetersaures Kali und Natron. Berechnet man für

1) *Ann. de chim. et de phys.* LIX, 423.

diese Salze aus Legrand's Beobachtungen die Verminderungen der Spannkraft, welche ein Theil Salz in der entsprechenden Temperatur hervorbringen würde, so zeigt sich in dem Verlaufe der Verminderungen in diesen Temperaturen überhaupt ein anderes Gesetz. Ich setze die Zahlen her, weil sie das interessante Resultat enthalten, daß die durch salpetersaures Kali hervorgebrachten Verminderungen über 100° C. wieder abnehmen, während sie für salpetersaures Natron, bis 122° C. wenigstens, äußerst langsam zunehmen.

Die von mir aufgestellte Formel giebt als Verminderung der Spannkraft durch 1 Theil salpetersaures Kali auf 100 Wasser bei $100^{\circ},8$ C. $2^{\text{mm}},18$; daran schließt sich der nach den Beobachtungen von Legrand berechnete bei $101^{\circ},2$ C. mit $2^{\text{mm}},27$, unmittelbar an.

Temperatur.	Verminder. 1 Proc.
$100^{\circ},8$ C.	$2^{\text{mm}},18$
$101^{\circ},2$	$2^{\circ},27$
$102^{\circ},2$	$2^{\circ},16$
$103^{\circ},2$	$2^{\circ},03$
$104^{\circ},2$	$1^{\circ},94$
$105^{\circ},2$	$1^{\circ},87$
$106^{\circ},2$	$1^{\circ},83$
$107^{\circ},2$	$1^{\circ},78$
$108^{\circ},2$	$1^{\circ},76$
$109^{\circ},2$	$1^{\circ},72$
$110^{\circ},2$	$1^{\circ},71$
$111^{\circ},2$	$1^{\circ},70$
$112^{\circ},2$	$1^{\circ},68$
$113^{\circ},2$	$1^{\circ},68$
$114^{\circ},2$	$1^{\circ},67$
$115^{\circ},2$	$1^{\circ},66$
$116^{\circ},1$	$1^{\circ},65$

Würde man vermittelt dieser Werthe, die in Fig. 4, Taf. V für Salpeter gegebene Curve weiter führen, so würden hiernach die Verminderungen durch Salpeter bei $101^{\circ},2$ C. ihren höchsten Werth erreichen, die Curve dort einen Rückkehrpunkt besitzen und von da an anfangs rascher gegen

die Abscissenaxe fallen, derselben immer ihre convexe Seite zukehrend, um, wie es scheint, in höheren Temperaturen der Abscissenaxe parallel zu werden.

Die aus den Siedepunktsbestimmungen von Legrand berechneten Werthe für die Verminderungen durch salpetersaures Natron schliessen sich ebenfalls direct an die von mir bei 100°,3 C. berechnete an und zeigen folgenden Verlauf:

Temper.	Vermind. 1 Proc.	Temper.	Vermind. 1 Proc.
100°,3 C.	2 ^{mm} ,90	111°,3 C.	3 ^{mm} ,23
101 ,3	2 ,98	112 ,3	3 ,25
102 ,3	3 ,03	113 ,3	3 ,28
103 ,3	3 ,04	114 ,3	3 ,31
104 ,3	3 ,06	115 ,3	3 ,35
105 ,3	3 ,08	116 ,3	3 ,36
106 ,3	3 ,11	117 ,3	3 ,35
107 ,3	3 ,14	118 ,3	3 ,39
108 ,3	3 ,17	119 ,3	3 ,41
109 ,3	3 ,19	120 ,3	3 ,43
110 ,3	3 ,21	121 ,3	3 ,46

Die Curve, welche das Gesetz der durch Natronsalpeter hervorgebrachten Verminderungen der Spannkraft darstellt, würde also hiernach bei 100° C. einen Beugungspunkt haben, und in höheren Temperaturen ihre concave Seite der Abscissenaxe zuwenden.

Für die übrigen von mir untersuchten Salze habe ich leider keine Angaben vorgefunden; weitere Untersuchungen müssen daher sowohl über deren Verhalten, sowie überhaupt über das Verhalten der Salze in höheren Temperaturen Aufschluss ertheilen.

14. Ausser den beiden bisher beantworteten Fragen, nach dem Verhalten der Verminderungen bei Anwendung verschiedener Mengen Salz in derselben Temperatur, und nach dem Verlaufe der durch eine gewisse Quantität Salz hervorgebrachten Verminderungen in verschiedenen Temperaturen, haben wir an die erhaltenen Zahlen noch eine dritte Frage zu stellen, nämlich die, ob sich bei Vergleichung der

durch die verschiedenen Salze veranlafsten Verminderungen der Spannkraft irgend was gesetzmäßiges zeige, ob also eine Relation existire zwischen der durch ein Salz veranlafsten Verminderung der Spannkraft und sonstigen Eigenschaften desselben. Die erhaltenen Zahlen enthalten jedoch in Bezug darauf nur negative Resultate. Zunächst folgt aus dem in dem Früheren entwickelten, dafs ein Vergleich der Gröfse der durch die verschiedenen Salze hervorgebrachten Verminderungen überhaupt nicht zulässig ist, weil dieselben zu einander nicht in einem constanten Verhältnisse stehen; so ist z. B. die durch salpetersaures Kali hervorgebrachte Verminderung unter 80° kleiner als die durch eine gleiche Menge Glaubersalz veranlafste, über 80° C. jedoch gröfser. Aehnliches zeigt sich bei andern Salzen. Daraus folgt dann weiter, dafs eine Beziehung zwischen der Verminderung der Spannkraft und den Eigenschaften oder Zahlen der Salze, welche mit der Temperatur sich nicht ändern, überhaupt nicht stattfinden kann.

Von den Eigenschaften der Salze, welche mit der Temperatur sich ändern, ist allein die Löslichkeit der Salze genau untersucht; und zugleich liegt es wohl am nächsten zwischen dieser und der Verminderung der Spannkraft irgend welchen Zusammenhang zu vermuthen, da sie beide doch Aeußerungen irgend welcher Verwandtschaft des Wassers und der Salze zu seyn scheinen. Es zeigt sich jedoch das Gegentheil. Kochsalz, das in allen Temperaturen nahezu dieselbe Löslichkeit besitzt, vermindert in allen Temperaturen die Spannkraft in demselben Verhältnisse; eben dasselbe thut Glaubersalz, das die abnormsten Löslichkeitsverhältnisse zeigt. Salpetersaures Kali löst sich bei 100° C. ungefähr dreimal so stark als bei 50° C., das Verhältnifs der Verminderung zur Spannkraft nimmt nur zu wie 10:13. Aehnliches zeigen Chilisalpeter und Chlorkalium. Einfach schwefelsaures Kali und Zucker dagegen verhalten sich entgegengesetzt. Ihre Löslichkeit nimmt ebenfalls mit steigender Temperatur zu. Die durch sie hervorgebrachte Verminderung ist jedoch in niederen Temperaturen ein grö-

ferer Bruchtheil der Spannkraft des reinen Wassers als in höheren. Alles dieses beweist, daß Löslichkeit und Verminderung der Spannkraft durchaus nichts mit einander gemein haben, daß sie Aeußerungen ganz verschiedener Beziehungen des Salzes zum Wasser sind.

Außer der Löslichkeit liegt es nahe, mit den durch die Salze veranlaßten Verminderungen der Spannkraft des Dampfes die Contractionen der Lösungen zusammenzustellen; es ist diese Eigenschaft bisher jedoch noch nicht hinlänglich bekannt, um eine Vergleichung durchführen zu können.

15. Der physikalische Grund der Verminderung der Spannkraft des Wasserdampfes durch gelöste Salze im Allgemeinen ist nicht schwer anzugeben; es dürfte darüber wohl kaum Zweifel vorhanden seyn. Wenn Wasser in Dampf verwandelt werden soll, so hat die Wärme die Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen zu überwinden, beim Sieden außerdem noch den hydrostatischen Druck der umgebenden Flüssigkeit. Bei der Temperatur 100° hat dann der Dampf die dem Drucke einer Atmosphäre entsprechende Dichtigkeit und Spannkraft von 760^{mm} .

Lösen wir in dem Wasser nun Salze, so vertheilen sich die Salztheilchen gleichmäÙig in demselben und es bilden sich Molecülgruppen, in denen die Salztheilchen auf die ihnen benachbarten Wassertheilchen anziehend wirken. Aus zwei Gründen wird dann die Spannkraft der Lösung bei gegebener Temperatur eine kleinere als die des reinen Wassers seyn. Zunächst muß der sich bildende Dampf wegen des größeren Widerstandes, den die Flüssigkeit der Aenderung des Aggregatzustandes entgegensetzt, (da bei der Dampfbildung, außer dem hydrostatischen Drucke und der Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen, die gemeiniglich viel bedeutendere Wirkung der Salz- auf die Wassertheilchen zu überwinden ist) schon eine geringere Spannkraft besitzen. Dieselbe wird aber noch dadurch vermindert, daß auch der schon gebildete Dampf nach Beobachtungen des Hrn. Magnus ¹⁾ noch

1) Pogg. Ann. Bd. 61, S. 249.

Poggendorff's Annal Bd CIII.

dem Einflusse der Salztheilchen unterliegt. Hr Magnus fand, daß eine Kochsalzlösung zu siedendem Wasser gebracht, sofort die Spannkraft des Dampfes um ein Bedeutendes verminderte. Daraus geht hervor, daß das Salz den Dampf als solchen noch anzieht.

Ganz dasselbe muß nun aber auch im Innern einer verdampfenden oder siedenden Lösung stattfinden, so daß auch im Innern der Lösung der Dampf keine höhere Dichtigkeit und Spannkraft besitzen kann. Daraus folgt dann, daß der Dampf, der aus einer Lösung beim Verdampfen oder Sieden sich entwickelt, die Temperatur der Lösung besitzen muß. Denn da der Dampf im Innern keine größere Dichtigkeit und Spannkraft besitzt als außerhalb, so ist keine Ausdehnung und in Folge dessen keine Abkühlung des Dampfes möglich. Wie trotzdem die von Rudberg beobachtete, von Hrn. Regnault bestätigte Temperaturerniedrigung des Dampfes aus einer siedenden Salzlösung auf 100°C . zu erklären sey, darüber bedarf es noch Versuche, welche alle dabei in Betracht kommenden Umstände aufklären, da selbst die von Hrn. Regnault gegebene Erklärung nicht hinreichend ist.

Bietet also die Erklärung der Erscheinung im allgemeinen keine großen Schwierigkeiten, so können wir uns doch, bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse der Molecularkräfte, über die Einzelheiten derselben noch nicht in gleicher Weise Rechenschaft geben.

1) *Compt. rend. T. XXXIX, p. 311.*

II. Ueber die Beziehungen zwischen Magnetismus, Wärme und Torsion; von G. Wiedemann.

In einem früheren Aufsätze (diese Annalen Bd. C, S 235) hatte ich einige Versuche beschrieben, welche das eigenthümliche Verhalten der magnetisirten Stahlstäbe gegen die Einwirkung galvanischer Ströme darlegen sollten, die ihnen eine dem ursprünglichen Magnetismus entgegengesetzte Magnetisirung ertheilen. Am Schlusse jener Abhandlung war der Einfluss untersucht worden, den wiederholte Temperaturänderungen auf den Magnetismus der Stahlstäbe ausüben, welche bei wechselnden Temperaturen, 0° und 100° magnetisirt waren. Es sey mir zunächst gestattet, im Folgenden eine Fortsetzung jener Versuche mitzutheilen. Die benutzten Stahlstäbe wurden, wie bei den früheren Versuchen, durch Einschieben in eine vom galvanischen Strome durchflossene Spirale magnetisirt. Die Axe dieser Spirale war senkrecht gegen den magnetischen Meridian gerichtet. Ihr gegenüber war ein magnetischer Stahlspiegel aufgestellt, dessen Ablenkungen die Intensität der benutzten Ströme und die Magnetismen der in der Spirale liegenden Stäbe angaben. Die Einzelheiten über die Aufstellung des Apparates sind in dem oben citirten Aufsatz ausführlich mitgetheilt.

Es wurde zunächst der Einfluss untersucht, den wiederholte Temperaturänderungen auf den Magnetismus der Stahlstäbe ausüben, welche zuerst bis zu einem bestimmten Grade magnetisirt waren, denen sodann durch einen dem magnetisirenden entgegengesetzten Strom ein Theil ihres Magnetismus entzogen war. Die Stäbe hatten eine Länge von 237^{mm} , einen Durchmesser von $13,2^{\text{mm}}$. Die folgenden Tabellen enthalten die gefundenen Resultate. In denselben bedeutet M den ursprünglichen Magnetismus des Stabes, m den nach Einwirkung des entmagnetisirenden Stromes zurückgebliebenen Magnetismus. Die bei dem Werth m als Indices bei-

gesetzten Zahlen 0 und 100 geben die Temperaturen an, denen der Stab nach einander ausgesetzt wurde.

I. Weicher Stahlstab,
magnetisirt und entmagnetisirt bei 0°.

	M	m	m_{100}	m_0	m_{100}	m_0
1.	70,5	70,5	42,2	54,5		
2.	72	40,1	27	40,5		
3.	70	25	18	39,5		
4.	72	2	2	9		
5.	75	0	0	9,5	0	9,5

II. Weicher Stahlstab,
magnetisirt und entmagnetisirt bei 100°.

	$M_{(100)}$	$m_{(100)}$	m_0	$m_{100 I}$	$m_0 I$	$m_{100 II}$
1.	56	56	53,5	40	51	38
2.	56	47,5	51	38	49	
3.	56	19,5	31	20,5		
4.	56	0	14,5	5,5		

III. Harter Stahlstab,
magnetisirt und entmagnetisirt bei 8°.

	M	m	m_{100}	$m_0 I$	$m_{100 I}$	$m_0 II$
1.	23,1	23,1	14	14,2	16,6	13
2.	47,2	23	18,5	20,5	17	19
3.	70,8	21,8	18,7	23,9	18,5	22,6
4.	90,5	24	20	27	19,2	26,5

Nach den früheren Versuchen erleidet ein Stab, dem nach einander stärkere Magnetisirungen ertheilt werden, bei wiederholter Erwärmung und Erkältung innerhalb derselben Temperaturgränzen nacheinander Verluste an Magnetismus, welche jedesmal dem ursprünglichen Magnetismus direct proportional sind. Aus diesem Ergebniss folgt unmittelbar das Resultat, dafs ein oftmals erwärmter und erkalteter Magnet zuletzt jedesmal den gleichen procentischen Antheil seines er-

sten Magnetismus behält. Ganz anders verhält sich ein Stab, dem ein Theil seines Magnetismus entzogen ist.

Nach der Tabelle I verliert ein Stab, der bei 0° auf den Magnetismus 70,5 gebracht ist, beim einmaligen Erwärmen und Erkalten den Magnetismus 16. Hiernach sollte der Magnetismus desselben Stabes, wenn er auf 40,1 oder 25 reducirt worden ist, bei gleicher Behandlung sich um 9,1 und 5,7 vermindern. Die Versuche zeigen aber, daß der auf 40,1 reducirte Stab, nachdem er erwärmt war, beim Erkalten seinen früheren Magnetismus wieder erhält, und der Magnetismus des auf 25 reducirten Stabes im Gegentheil sich dabei noch vermehrt. Noch deutlicher zeigt sich dies an demselben Stabe, wenn ihm sein ganzer Magnetismus entzogen ist (Tabelle I, 5te Reihe). Beim Erwärmen erhält er dann zwar keinen Magnetismus, beim Abkühlen aber zeigt sich der ursprüngliche Magnetismus wieder.

I. Wird also einem durch einen galvanischen Strom bei 0° magnetisirten Stahlstab ein Theil seines Magnetismus durch einen entgegengesetzten Strom entzogen, so verliert er beim Erwärmen Magnetismus. Beim Abkühlen nimmt sein Magnetismus wieder zu. Ist der ursprüngliche Magnetismus des Stabes beim Einwirken des entmagnetisirenden Stromes nur wenig vermindert worden, so erlangt der Stab beim Abkühlen nicht ganz den Magnetismus wieder, welchen er vor dem Erwärmen besaß; war die Verminderung größer, so kommt er beim Abkühlen ganz auf seinen Magnetismus vor dem Erwärmen; war dieselbe noch größer, so ist nach dem Erkalten der Magnetismus des Stabes größer, als vor dem Erwärmen. So kann ein scheinbar unmagnetischer Stab bei einmaligem Erwärmen und Erkalten wieder magnetisch werden.

Dies Verhalten wird noch deutlicher aus Tabelle III, wo ein ursprünglich verschieden stark magnetisirter Stab stets nahezu auf denselben schwächeren Magnetismus reducirt wird.

Je größer der Magnetismus vor der Reduction war, desto schwächer ist bei einmaligem Erwärmen und Erkalten

sein Verlust an Magnetismus, ja ist derselbe sehr groß gewesen, so gewinnt der Stab an Magnetismus.

Die beim ersten Erwärmen erlittenen Verluste, welche sich theilweise durch das Erkälten wieder ersetzen, sind hierbei um so kleiner, je größer der ursprüngliche Magnetismus gewesen ist.

Aus Tabelle II geht endlich hervor, daß

II. ein bei 100° magnetisirter und bei derselben Temperatur auf schwächeren Magnetismus reducirter Stab je nach der Größe des bei der Reduction verlorenen Magnetismus beim Erkälten entweder von seinem Magnetismus verliert, oder unverändert bleibt, oder auch mehr Magnetismus erhält.

Alle diese Eigenthümlichkeiten treten indess nur bei der ersten Erkältung eines bei 100° oder bei der ersten Erwärmung und Erkältung eines bei 0° magnetisirten Stabes ein; bei weiterem abwechselnden Erwärmen und Erkälten verhalten sich die Stäbe wie gewöhnlich magnetisirte.

Durch fernere Versuchsreihen habe ich die Beziehungen festzustellen gesucht, welche zwischen dem Magnetismus der Stahlstäbe und den mechanischen Einflüssen statt haben, welche von Aufsen auf dieselben einwirken. —

Zur Lösung dieser Frage sind schon mannigfache Versuche von Hrn. Wertheim ¹⁾ angestellt worden.

Er untersuchte Eisen- und Stahlstäbe, die in einer Spirale der Wirkung eines Stromes ausgesetzt waren, und bestimmte die Intensität der inducirten Ströme, welche in einer zweiten, die Stäbe umgebenden Spirale durch Drehung der Stäbe erzeugt wurden.

Von den Resultaten des Hrn. Wertheim erwähnen wir nur folgende, welche in die vorliegende Untersuchung eingreifen. Hr. Wertheim fand, daß in einem Eisenstab durch wiederholte Torsionen ein magnetisches Gleichgewicht erzeugt wird, bei welchem er durch Torsion stets seinen Magnetismus zum Theil verliert, durch Detorsion ihm aber

1) Diese Annalen Bd. XCVI, S. 171. C. R. Bd. XL, S. 1234.

der Verlust wieder ersetzt wird. Ein Stahlstab verhält sich ähnlich; auch in ihm wird ein magnetisches Gleichgewicht hergestellt, indefs kann dieses durch keine weiteren mechanischen Actionen gestört werden.

Bei den vorliegenden Versuchen wurden die Aenderungen des Magnetismus der Stahlstäbe direct gemessen.

Flache Stahlstäbe von 227^{mm} Länge, 2^{mm} Dicke und 7,2^{mm} Breite wurden durch Einschieben in eine vom galvanischen Strom durchflossene Spirale verschieden stark magnetisirt. Sie wurden sodann mit dem einen Ende in eine an einem Statif befestigte Zwinge von Messing eingeschraubt. Eine zweite Zwinge von Messing diente zur Befestigung des andern Endes der Stäbe. Diese zweite Zwinge setzte sich in einen Cylinder von Messing fort, der in einem an dem Statif des Apparates angebrachten Lager lief und in demselben vermittelst eines Hebels um seine Axe gedreht werden konnte. Der Hebel konnte durch eine Klemmschraube in verschiedenen Lagen festgestellt werden. — Der Cylinder trug außerdem einen Zeiger, der auf einem getheilten Kreise lief, auf welchem mithin die Drehung abgelesen werden konnte, die man dem Cylinder oder dem zwischen ihm und der festen Zwinge eingeschraubten Stahlstabe ertheilt hatte. Der ganze Apparat war so vor dem magnetischen Stahlspiegel aufgestellt, dafs die feste Zwinge ihm zunächst in einer Entfernung von etwa einem halben Meter gegenüber stand, und die Axe des Stahlstabes senkrecht gegen den magnetischen Meridian gerichtet war. Die wie gewöhnlich durch Fernrohr und Scala gemessenen Ablenkungen des Spiegels bestimmten den Magnetismus der Stahlstäbe bei verschiedenen Graden der Drehung in dem beschriebenen Apparate.

Wurden die Stahlstäbe etwa 60 bis 70° aus ihrer Gleichgewichtslage gedreht, und dann die drehende Kraft aufgehoben, so kehrten sie nicht völlig in ihre frühere Lage zurück, sondern behielten eine dauernde Torsion von etwa 2°. Es ist bei den folgenden Tabellen diese letztere nicht besonders erwähnt. In denselben ist unter 0 die Ablenkung des

Stahlspiegels verzeichnet, während der Stahlstab sich in seiner Gleichgewichtslage befindet; unter $+10$ u. s. f. die Ablenkungen bei der Drillung der Stäbe um 10° u. s. f. Die Columnen α enthalten die Quotienten, welche sich durch Division der bei zwei auf einander folgenden Drehungen erhaltenen Magnetismen ergeben.

Stahlstab No. 1.

Dreh.	m	α	m	α	m	α	m	α
$+ 0$	75,2	—	116,5	—	158	—	200,5	—
$+ 10$	61,2	0,813	96,5	0,828	135,2	0,856	174	0,868
$+ 20$	50	0,817	81,2	0,841	116,5	0,862	154	0,885
$+ 30$	41	0,820	68,5	0,844	101,2	0,869	137	0,889
$+ 40$	35,5	0,865	60,5	0,883	91	0,899	126	0,919
$+ 50$	32,5	0,915	55,0	0,909	85	0,934	118	0,936
$+ 60$	30	0,923	51	0,927	79,5	0,935	111	0,946
0	29	—	48,7	—	75	—	105	—
$- 10$	28	0,965	46	0,945	70	0,933	98	0,933
$- 20$	26	0,928	42,3	0,919	65	0,939	91	0,928
$- 30$	23,2	0,892	39,2	0,926	60	0,923	85	0,934
$- 40$	21,2	0,914	36,2	0,923	56	0,933	80	0,941
$- 50$	20	0,943	34	0,939	53	0,940	76	0,950
$- 60$	18,5		32		50,5		73	0,960
$- 0$	18,5		34		53		76	

Stahlstab No. 2 (hart).

Dreh.	m	α	m	α	m	α	m	α
0	42,2	—	56	—	95,2	—	156,8	—
$+ 20$	39	0,924	51,5	0,919	88,6	0,930	150	0,959
$+ 40$	36	0,922	48,5	0,941	84,8	0,957	143,2	0,954
$+ 60$	33,8	0,939	46	0,949	81,2	0,958	138,5	0,967
0	33,2		45,5		80,3		136,5	
$- 60$	29		41,3		74		126,5	
0	29		42		75		128,5	

Wurde der zuletzt magnetisirte Stab wiederholt auf $+60$ und -60 gedreht, so waren seine Magnetismen hiebei

0	$+60$	0	-60	0	$+60$	0
128	123,6	123,8	120,2	122	120,5	121.

Die ersten Quotienten α in diesen Tabellen sind nicht ganz genau, da die Stahlstäbe schon durch die Erschütterung beim Einschrauben in den Apparat ein wenig Magnetismus verlieren.

Aus diesen und anderen Versuchsreihen ergibt sich:

III. Die Magnetismen der Stahlstäbe nehmen bei der Drehung ab und zwar in einem mit wachsender Drehung abnehmenden Verhältniß. Die Abnahmen des Magnetismus sind bei gleicher Drehung den ursprünglichen Magnetismen der Stahlstäbe nahe proportional, indeß bei den stärker magnetisirten Stäben etwas geringer, als dieses Gesetz verlangt. Wird ein gedrehter Stab wieder in seine Gleichgewichtslage zurückgeführt, so erleidet er noch einen fernerer kleinen Verlust an Magnetismus.

Eine wiederholte Drillung nach derselben Seite vermindert den Magnetismus des Stahlstabes noch ganz allmählich. Wird der Stab indeß nach der entgegengesetzten Seite gedreht, so tritt von Neuem eine starke Verminderung des Magnetismus ein, die indeß nicht in gleichem Verhältniß mit der wachsenden Drehung fortschreitet.

Kehrt ein harter Stab nach wiederholten Drillungen nach beiden Seiten in die Gleichgewichtslage zurück, so vermehrt sich sein Magnetismus. Jede Torsion vermindert denselben, jede Detorsion stellt ihn zum großen Theil wieder her. Dabei ist indeß noch lange eine ganz allmähliche Abnahme des Magnetismus des Stabes bemerkbar.

Neben der permanenten Verminderung des Magnetismus eines Stahlstabes durch jede Gestaltveränderung scheint danach eine, freilich sehr unbedeutende, vorübergehende Verminderung desselben herzugehen, welche letztere erst deutlich hervortritt, wenn der Stahlstab durch wiederholte Drillungen schon nahezu das Maximum des permanenten Verlustes an Magnetismus erlitten hat.

Sehr eigenthümlich ist das Verhalten von Stahlstäben, die zuerst eine starke Magnetisirung erhalten haben und dann durch einen entgegengesetzt magnetisirenden galvanischen Strom zum Theil entmagnetisirt worden sind. Die in

dieser Beziehung erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle verzeichnet, in welcher unter *M* der ursprüngliche Magnetismus, unter *m* der Magnetismus der Stahlstäbe nach der theilweisen Entmagnetisirung, unter 10°, 20° u. s. f. die Magnetismen bei den entsprechenden Drillungen des Stabes angegeben sind.

I. Harter Stahlstab.

<i>M</i>	<i>m</i>	10°	20°	30°	40°	50°	60°
162	153	150	146,5	143,2	141	138,5	—
168	137,5	137,5	137	135,7	134,1	132,6	132,2
174	115	116	116,1	116	115,9	115,2	114,8
172	96,5	97,3	98,2	98,3	98,6	98,5	98,3
161	10,2	12,3	14,1	15,6	—	—	—

II. Ungehärteter Stahlstab.

<i>M</i>	<i>m</i>	10°	20°	30°	40°	50°	60°
205	174	154	137	126	118	111	109
209	91	92,5	98,7	84,3	80,2	78	76
185	71,1	73,6	72,5	69,5	66,3	64,6	63,5
190	51,5	57	59,5	58	57,5	57,0	56,5
180	37,5	41,8	45,6	46,8	47	46,8	46,5
185	29	34,5	39,5	42	42,6	43,5	43,5
180	5	14,5	20,8	23,2	25,6	28,2	29
180,5	1	1,8	14	18	21,6	22,3	—

IV. Hiernach verliert ein Magnetstab, dem ein geringer Theil seines Magnetismus durch eine der ersten entgegengesetzte Magnetisirung entzogen worden, bei geringer Drehung viel weniger Magnetismus als ein gewöhnlich magnetisirter Stahlstab. Ein Stahlstab, dem eine größere Menge von Magnetismus entzogen ist, zeigt bei der Drehung zuerst einen stärkeren Magnetismus als ungedreht. Dieser Magnetismus wächst bei weiterer Drehung bis zu einem Maximum und nimmt dann wieder ab. Je größer die Menge des dem Magnetstab entzogenen Magnetismus ist, desto größer muß die Drehung seyn, bis das Maximum erreicht ist; ist der Stab z. B. völlig entmagnetisirt, so nimmt er bei der

Drehung wieder Magnetismus an, und dieser wächst mit zunehmender Drehung, indefs in einem abnehmenden Verhältnißs.

Es wurde ferner der Magnetismus eines bei 0° magnetisirten Stahlstabes durch Drillen von 177 auf 59 vermindert. Wurde der Stab auf 100° C. erwärmt, so änderte sich der Magnetismus auf 56,5. Wurde er aber auf 0° abgekühlt, so wuchs derselbe wieder auf 59. Dasselbe geschah bei mehreren anderen eben so behandelten Stäben.

V. Entzieht man also einem magnetisirten Stab durch Drillung mehr Magnetismus, als er durch wiederholte Temperaturänderung innerhalb gewisser Gränzen verliert, so behält der Stab, wenn er nach einer Erwärmung auf die frühere Temperatur zurückgekehrt ist, seinen ganzen Magnetismus bei.

Es entsteht die Frage, ob nicht auch umgekehrt das Magnetisiren eines Eisen- oder Stahlstabes eine Drehung desselben veranlassen könne.

Um über diesen Punkt einigen Aufschluß zu erhalten, wurde eine Spirale von 130 Windungen. von Kupferdrath von $13,5^{\text{mm}}$ Weite und 560^{mm} Länge senkrecht aufgestellt, und in ihrer Axe ein ausgeglühter Eisendraht von $0,8^{\text{mm}}$ Dicke und 580^{mm} Länge an einer Messingklemme aufgehängt. Dieser Draht wurde unten in eine zweite messingene Klemme eingeschraubt. Letztere Klemme endete unterhalb in ein cylindrisches 10^{mm} dickes Stück, auf welches eine Messingröhre aufgeschoben und vermittelst eines hindurchgesteckten Drahtstiftes festgehalten werden konnte.

Die Messingröhre trug unterhalb ein cylindrisches Messinggefäß von 95^{mm} Höhe und 55^{mm} Durchmesser, welches mit Bleigewichten gefüllt wurde. Auf dem Deckel dieses Gefäßes war ein der Röhre concentrischer getheilter Kreis befestigt, an dem ein seitlich angebrachter feststehender Zeiger die Drehung des Gefäßes aus der Gleichgewichtslage angab. Ausserdem war auf die das Gefäß tragende Röhre eine Hülse, gleichfalls von Messing, aufgeschoben. Auf dieser Hülse war

ein Spiegel befestigt, in welchem man mittelst eines Fernrohrs eine, etwa 1 Meter weit vom Spiegel entfernte, in Millimeter getheilte Scala beobachten konnte. An dieser wurden die kleineren Drehungen des Messinggefäßes abgelesen. Ein Grad der Drehung des letzteren entspricht ungefähr 33 Theilstrichen der Scala.

Durch die Drahtspirale, welche den aufgehängten Eisendraht umgab, wurde nun ein Strom einer galvanischen Säule von 1 — 6 Daniell'schen oder Grove'schen Elementen geleitet und zugleich zur Messung der Intensität des Stromes eine Tangentenbussole in den Schließungskreis eingeschaltet. Es wurde zuerst das am Draht hängende Messinggefäß mit Bleigewichten beschwert, dafs die ganze Last 1103 Grm. betrug. — War der Draht ungedrillt, so bewirkte der Strom der Säule nur eine 1 bis 2 Theilstriche betragende Verschiebung der Scala im Spiegel. Bei Drahtstücken, die aus demselben Drahtende geschnitten waren, war diese Drehung stets nach derselben Seite gerichtet, mochte der galvanische Strom den Draht in der einen oder andern Richtung umkreisen.

Nun wurde der Eisendraht gedrillt, und die permanente Drillung, als er nach völliger Beendigung seiner Torsionsschwingungen eine Ruhelage angenommen hatte, an dem Kreise abgelesen, welcher auf das am Draht hängende Messinggefäß aufgelegt war. Es wurde die Scala in dem eben daselbst befestigten Spiegel beobachtet und der Strom wiederum geschlossen; sogleich wich der Spiegel bedeutend aus der Ruhelage ab und nahm nach einiger Zeit eine zweite Ruhelage ein. Die Ablenkung des Spiegels zeigt, dafs der Draht sich durch Einwirkung des ihn magnetisirenden Stromes zum Theil aufgedreht hat.

Die Richtung des Stromes ist hiebei gleichgültig.

Wird der Strom geöffnet, so dreht sich der Spiegel ein wenig (etwa um 1 bis $1\frac{1}{2}$ Theilstriche der Scala) wieder gegen seine frühere Lage hin, der Draht dreht sich also wieder zusammen. Ein neues Schließen des Stromes dreht ihn wieder in die frühere Stellung auf, und beim Oeffnen dieses

Stromes geht er in die Lage zurück, die er vor der Schließung desselben hatte. Wenn man zur richtigen Zeit den Strom öffnet und schließt, kann man auf diese Weise den Draht in lebhaftere Torsionsschwingungen versetzen; und, wenn man die Oeffnungen und Schließungen in den entgegengesetzten Momenten vornimmt, den Draht aus denselben allmählich zur Ruhe bringen.

Verschiebung des Drahtes aus der Axe der Spirale an die verschiedenen Seiten derselben verändert die Erscheinung nicht.

Der stärkere oder schwächere Zug, den der Erdmagnetismus auf den magnetisirten Draht ausübt, kann auch keinen Einfluß haben, da bei jeder Richtung des Stromes, mag also am untern Ende des Drahtes ein Nordpol oder ein Südpol erzeugt werden, die Wirkung dieselbe ist.

Man könnte endlich glauben, daß durch die Anziehung der Spirale gegen die unter ihr liegenden Theile des Drahtes der Zug des ihn spannenden Gewichtes vermindert würde und dadurch die Aufdrehung des Drahtes erfolgte. Um diesen Einfluß zu untersuchen, wurde unten an das die Bleigewichte tragende Messinggefäß an einem Seidenfaden eine Waageschale angehängt und diese mit einem Gewichte von 50 Grm. belastet. Wurde der Draht gedreht, während die Schale mit dem Gewicht (zusammen 65 Grm. wiegend) daran hing, und dann durch Abbrennen des Seidenfadens dieselbe plötzlich entfernt, so änderte sich die Stellung des am Draht hängenden Spiegels durchaus nicht; eben so wenig änderte sie sich, als der Draht gedreht wurde und erst nach der Drehung die an ihm hängenden Gewichte um 65 Grm. vermehrt wurden. Versuche bewiesen, daß die elektrodynamische Anziehung der Spirale dem Zuge der Schwerkraft auf den weniger als 5 Grm. wiegenden Draht allein schon das Gleichgewicht nicht halten konnte, so daß also auch dieser Grund die Entdrehung des Drahtes nicht veranlaßt.

Die beschriebenen Erscheinungen zeigen sich auch an anderen Eisendrahten von 0,2 — 4,5^{mm} Durchmesser.

Messingdrähte von resp. 0,4 und 1,5^{mm} Durchmesser,

mögen sie gedreht seyn oder nicht, werden durch die Einwirkung des Stroms nicht geändert.

VI. *Es detordirt hiernach der Magnetismus die gedrehten Eisendrähte.*

Völlig ungedrillte Eisendrähte scheinen nicht durch den Strom entdrillt zu werden, da die schwachen Wirkungen, die bei denselben beobachtet wurden, von der Stromesrichtung unabhängig sind, und wohl auf Rechnung einer kleinen, bei allen Drähren vorhandenen Torsion, zu setzen sind.

Um über die Gesetzmäßigkeit dieser Erscheinung Aufschluss zu erhalten, wurden Drähte verschieden weit gedrillt und verschiedene Ströme um sie herum geleitet. Die folgenden Tabellen enthalten einige der hiebei erhaltenen Resultate. In denselben giebt D den am Kreise abgelesenen Winkel an, um den der Draht gedrillt ist, J die Intensität des herum geleiteten Stromes, E die Anzahl der Theilstriche, um welche sich die Stellung der im Spiegel beobachteten Scala durch die jedesmalige Magnetisirung des Drahtes geändert hat.

1. Eisendraht 0,8^{mm} dick.

$D=80$		$D=194$		$D=300$		$D=548$	
J	E	J	E	J	E	J	E
16,7	9	15,8	8,7	16,2	7,5	44,5	9,6
25,5	12	27,7	11,5	25,0	9,6	—	—
33,5	13,2	43,3	12,8	44,5	11,6	—	—
39,4	14,1	—	—	—	—	—	—

2. Eisendraht 1,2^{mm} dick.

$D=23$		$D=43$		$D=125$		$D=218$	
J	E	J	E	J	E	J	E
4,4	4,9	5,8	5,2	5,8	4,7	5,8	4,6
15,1	10,8	16,3	11,1	16,3	10	15,3	9,4
34	12,8	34,4	13,3	34,4	12	34,8	12,1
57,7	13,5	57,2	14,3	53,2	13,1	53,2	12,6

VII. *Nach diesen und vielen andern Versuchen nimmt die Entdrillung der Drähte mit dem Wachsen der Intensität der magnetisirenden Ströme im abnehmenden Verhältniss*

zu und erreicht bald ein Maximum. Sie ist bei geringen Drillungen und bei gleichen Intensitäten der Ströme nahezu dieselbe bei verschiedenen dicken Drähten. Bei stärkeren Drillungen nimmt sie indess, namentlich bei dünneren Drähten, allmählich ab. Der Grund hiervon ist wahrscheinlich, daß bei stärkerer Drehung die Zähigkeit der Drähte sich allmählich vermindert. Deshalb ist auch bei *Stahldrähten* die Detorsion durch die Magnetisirung kleiner als bei *Eisendrähten*.

Viel dünnere Drähte als die angewandten sind für messende Versuche nicht gut geeignet, da sie sehr langsam aus ihren Torsionsschwingungen zur Ruhe kommen. Sehr viel dickere Drähte ließen sich in dem angewandten Apparat nicht leicht genügend stark drillen.

Es wurde ferner der 1,2^{mm} dicke Eisendraht mit verschiedenen Gewichten belastet und zwar in der unten angegebenen Reihenfolge. Jedesmal wurde er sodann um einige Grade gedreht, und die Entdrillung E durch Ströme von zwei verschiedenen Intensitäten J beobachtet. Dabei ergab sich:

Belastende Gew.	851 Gr.	549,3 Gr.	1102,9 Gr.	110,9 Gr.
$J = 8,7$	$E = 5,6$	5,8	5,7	5,4
$J_1 = 34,5$	$E_1 = 9,8$	10	10,2	10

VII. Es ist also die Entdrehung von dem den Draht spannenden Gewichte unabhängig.

Dieses Resultat stimmt mit der Erfahrung, daß innerhalb der hier angewandten Belastungen die Zähigkeit der Eisendrähte fast ungeändert bleibt ¹⁾, wie sich aus Versuchen des Verfassers ergibt, die derselbe demnächst mitzuthellen gedenkt.

Die einfachste Annahme zur Erklärung der vorliegenden Thatfachen wäre, daß der Eisendraht aus einzelnen parallelen Fasern besteht, die, wenn sie um einander gedreht sind, sich beim Magnetisiren durch ihre gegenseitige Abstofsung gerade richten und so eine Detorsion des Drahtes bewirken.

1) Bei Silberdrähten ist dies, wenigstens bei höheren Temperaturen, nicht mehr der Fall.

tes veranlassen. Hiermit würde das Resultat übereinstimmen, daß die Richtung des magnetisirenden Stromes ohne Einfluß ist. Die scheinbare Zusammendrehung, welche der Draht beim Oeffnen des Stromes erfährt, würde dadurch erklärlich seyn, daß der Draht durch die plötzliche Magnetisirung über seine zweite Gleichgewichtslage hinausgedreht wird und diese erst beim Aufhören derselben wieder annimmt.

Indefs liegen doch einige Thatsachen vor, die diese Erklärung nicht völlig genügend erscheinen lassen und die hier vorläufig in kurzen Worten angedeutet werden mögen.

Ein 0,8^{mm} dicker wohl ausgeglühter Eisendraht wurde gedreht und durch einen starken Strom entdrillt; der Spiegel, der zuerst im Fernrohr den Theilstrich 0 der Scala zeigte, war dadurch auf 14,2 gegangen. Beim Oeffnen des Stromes ging der Spiegel auf 13,8; derselbe Strom brachte ihn wieder auf 14,2; wurde aber der *entgegengesetzte* Strom angewandt, so ging er auf 11,7 und nun durch den ersten Strom zurück auf 14,2. Noch eigenthümlicher wird das Verhalten, wenn man nach einander schwache entgegengesetzte Ströme auf einen gedrehten Eisendraht wirken läßt, wie dieß die folgende Tabelle ergibt.

1. Draht I. 0,8^{mm} dick, gedreht auf 303°

Intensität	+7	0	+7	0	-7	0	+7	0	-7	0
Entdrehung	6,4	4,7	6,4	4,7	13,8	12,1	10,6	10,4	13,5	12,6

2. Draht II. 0,8^{mm} dick, gedreht auf 530°.

Intensität	-7,8	0	+7,8	0	-7,8	0	+7,8	-7,8
Entdrehung	5,5	5,2	14	13,7	10,3	9,8	13,5	10,3

IX. Läßt man also auf einen gedrehten Draht einen schwachen Strom wirken, der ihn theilweise aufdreht, so wird bei wiederholter Einwirkung desselben Stromes die Detorsion nicht vermehrt. Ein Strom von derselben Intensität, aber von entgegengesetzter Richtung detordirt den Draht weiter. Ist durch den zuletzt angewandten Strom der Draht so weit entdrillt, als dieß durch Magnetisirung geschehen kann, so bewirkt jetzt ein diesem entgegengesetzter Strom wieder eine Zurückdrehung, ein darauf folgender gleich gerichteter eine Aufdrehung. Diese Resul-

tate sind nicht recht mit der Ansicht vereinbar, daß die Magnetisirung die Fasern des Drahtes nur gerade richte; oder auch vermittelt der durch dieselbe erzeugten Erwärmung des Drahtes die beobachteten Erscheinungen hervorrufe; denn dann müßten die entgegengesetzten Ströme auch hier gleich wirken.

Ich hoffe, daß es mir gelingen werde, diese Verhältnisse, die jedenfalls mit dem übrigen Verhalten tordirter Drähte in inniger Beziehung stehen, durch fernere Untersuchungen näher zu begründen.

Basel, den 21. Febr. 1858.

III. *Einige diamagnetische Versuche;* *von H. Christie.*

In einer Abhandlung betitelt: »*Further Researches on the Polarity of the Diamagnetic Force*« (*Philosoph. Transact.* 1856) hat Hr. J. Tyndall eine Reihe schöner Versuche mitgetheilt, die er mit einem Apparate ausführte, der ihm nach Angabe des Prof. W. Weber von Hrn. Leyser in Leipzig verfertigt worden war. Ein ähnlicher Apparat von demselben Mechaniker ist in diesem Jahre in dem physikalischen Cabinete hier in Göttingen aufgestellt. Ich will in dem Folgenden einige Versuche mittheilen, die ich mit diesem Apparate unter Leitung des Prof. Weber angestellt habe, indem ich zuerst eine kurze Beschreibung des Apparates und einige Erläuterungen über die Berechnung der Versuche vorausschicke.

§. 1.

Der Apparat besteht wesentlich aus zwei möglichst gleichen, verticalen Spiralen von übersponnenem Kupferdraht (Fig. 16 und 17 Taf. IV, *ab* und *cd*). In jeder von diesen kann mittelst einer über die Räder *J* und *J'* gehenden Schnur ein Wismuthstab auf- und abgeschoben werden und

tes veranlassen. Hiermit würde das Resultat übereinstimmen, daß die Richtung des magnetisirenden Stromes ohne Einfluß ist. Die scheinbare Zusammendrehung, welche der Draht beim Oeffnen des Stromes erfährt, würde dadurch erklärlich seyn, daß der Draht durch die plötzliche Magnetisirung über seine zweite Gleichgewichtslage hinausgedreht wird und diese erst beim Aufhören derselben wieder annimmt.

Indefs liegen doch einige Thatsachen vor, die diese Erklärung nicht völlig genügend erscheinen lassen und die hier vorläufig in kurzen Worten angedeutet werden mögen.

Ein 0,8^{mm} dicker wohl ausgeglühter Eisendraht wurde gedrillt und durch einen starken Strom entdrillt; der Spiegel, der zuerst im Fernrohr den Theilstrich 0 der Scala zeigte, war dadurch auf 14,2 gegangen. Beim Oeffnen des Stromes ging der Spiegel auf 13,8; derselbe Strom brachte ihn wieder auf 14,2; wurde aber der *entgegengesetzte* Strom angewandt, so ging er auf 11,7 und nun durch den ersten Strom zurück auf 14,2. Noch eigenthümlicher wird das Verhalten, wenn man nach einander schwache entgegengesetzte Ströme auf einen gedrillten Eisendraht wirken läßt, wie dieß die folgende Tabelle ergibt.

1. Draht I. 0,8^{mm} dick, gedreht auf 303°

Intensität	+7	0	+7	0	-7	0	+7	0	-7	0
Entdrehung	6,4	4,7	6,4	4,7	13,8	12,1	10,6	10,4	13,5	12,6

2. Draht II. 0,8^{mm} dick, gedreht auf 530°.

Intensität	-7,8	0	+7,8	0	-7,8	0	+7,8	-7,8
Entdrehung	5,5	5,2	14	13,7	10,3	9,8	13,5	10,3

IX. Läßt man also auf einen gedrillten Draht einen schwachen Strom wirken, der ihn theilweise aufdreht, so wird bei wiederholter Einwirkung desselben Stromes die Detorsion nicht vermehrt. Ein Strom von derselben Intensität, aber von entgegengesetzter Richtung detordirt den Draht weiter. Ist durch den zuletzt angewandten Strom der Draht so weit entdrillt, als dieß durch Magnetisirung geschehen kann, so bewirkt jetzt ein diesem entgegengesetzter Strom wieder eine Zurückdrehung, ein darauf folgender gleich gerichteter eine Aufdrehung. Diese Resul-

tate sind nicht recht mit der Ansicht vereinbar, daß die Magnetisirung die Fasern des Drahtes nur gerade richte; oder auch vermittelt der durch dieselbe erzeugten Erwärmung des Drahtes die beobachteten Erscheinungen hervorrufe; denn dann müßten die entgegengesetzten Ströme auch hier gleich wirken.

Ich hoffe, daß es mir gelingen werde, diese Verhältnisse, die jedenfalls mit dem übrigen Verhalten tordirter Drähte in inniger Beziehung stehen, durch fernere Untersuchungen näher zu begründen.

Basel, den 21. Febr. 1858.

III. *Einige diamagnetische Versuche;* *von H. Christie.*

In einer Abhandlung betitelt: »*Further Researches on the Polarity of the Diamagnetic Force*« (*Philosoph. Transact.* 1856) hat Hr. J. Tyndall eine Reihe schöner Versuche mitgetheilt, die er mit einem Apparate ausführte, der ihm nach Angabe des Prof. W. Weber von Hrn. Leyser in Leipzig verfertigt worden war. Ein ähnlicher Apparat von demselben Mechaniker ist in diesem Jahre in dem physikalischen Cabinete hier in Göttingen aufgestellt. Ich will in dem Folgenden einige Versuche mittheilen, die ich mit diesem Apparate unter Leitung des Prof. Weber angestellt habe, indem ich zuerst eine kurze Beschreibung des Apparates und einige Erläuterungen über die Berechnung der Versuche vorausschicke.

§. 1.

Der Apparat besteht wesentlich aus zwei möglichst gleichen, verticalen Spiralen von übersponnenem Kupferdraht (Fig. 16 und 17 Taf. IV, *ab* und *cd*). In jeder von diesen kann mittelst einer über die Räder *J* und *J* gehenden Schnur ein Wisnuthstab auf- und abgeschoben werden und

zwar so, daß die Stäbe sich stets in entgegengesetzten Richtungen bewegen. Die Bewegung wird mittelst einer auf die Axe des Rades J geschobenen Kurbel (h) bewerkstelligt. In der halben Höhe der Spiralen hängt ein astatisches Nadelpaar (m, m'), die eine Nadel vor den Spiralen, die andere hinter denselben. Die Nadeln sind mittelst eines Zwischenstücks verbunden, dessen Mitte von dem Kupferdrahte t getragen wird; t ist mit seinem oberen Ende in einer Schraube p befestigt. Das eingetheilte Rohr s läßt sich etwas verschieben, und dadurch kann man die Nadeln auf- und abbewegen, — r ist mit einem Torsionskreise versehen.

Das astatische Nadelpaar trägt auf seiner einen Seite einen kleinen Spiegel, dessen Gewicht durch ein auf der andern Seite angebrachtes Gegengewicht balancirt wird. Die Nadeln sind von einem Kupferkasten als Dämpfer umgeben; die vordere offene Seite dieses Kastens ist mit Glasfenstern versehen, mit Ausnahme ihres mittleren Theils, wo der Spiegel heraustritt.

Die Spiralen und Räder sind mit der Hinterwand eines den ganzen Apparat umgebenden Holzkastens, der auf seinen drei andern verticalen Wänden mit Glasfenstern versehen ist, fest verbunden.

Die Hinterwand ist oben und unten etwas verlängert und kann mittelst hier angebrachter Löcher leicht an der Wand des Zimmers befestigt werden.

Das obere Rad J' kann etwas auf- und abgeschoben werden, und dadurch die Spannung der Schnur regulirt werden. Vor dem Rade J hat die Thür ein kleines Loch, durch welches die Kurbel eingeschoben und auf der Axe befestigt wird. Die Wismuthstäbe können also bewegt werden ohne die Thüre zu öffnen. — Auf jeder Seite dieses Loches ist ein Messingstift (e, f) eingeschlagen, der zur Begrenzung der Bewegung der Kurbel dient, — werden auf diese Stifte kleine Holzcyliner von verschiedenen Diametern geschoben, so kann man ganz einfach und sicher die Bewegung der Stäbe wechseln.

Ein vom Mechaniker in der Thüre vor dem Spiegel an-

gebrachtes Loch wurde bei den folgenden Versuchen mit einem geschliffenen Planglas geschlossen.

Die Spiralen bestehen aus zwei Schichten von Windungen, die so angeordnet sind, daß ein durch dieselben gehender Strom entgegengesetzte Pole auf den gleichgerichteten Enden der Spiralen hervorbringt. Beide bestehen zu dem Ende aus einer äußeren rechtsgewundenen und einer inneren linksgewundenen Schicht, die aber in entgegengesetzten Richtungen von dem Strom durchlaufen werden. Wenn der positive Strom durch den Zuleitungsdraht *i* bei dem unteren Ende der Spirale *ab* hereintritt, durchläuft er die äußeren Windungen nach oben, die inneren von oben nach unten, geht durch das Zwischenstück *z* zu dem unteren Ende von *id* über, läuft zuerst durch die inneren Windungen dieser Spirale nach oben, so durch die äußeren wieder nach unten, um zuletzt durch *u* den Apparat zu verlassen. Die Spirale *ab* hat also ihren Südpol nach unten, ihren Nordpol nach oben, — *id* umgekehrt ihren Nordpol nach unten und ihren Südpol nach oben. Wären zwei Eisenstäbe in die Spiralen eingehängt, so hätte man also mittelst *ab* einen Elektromagnet mit dem Nordpol nach oben, mittelst *cd* einen entgegengesetzt gerichteten.

Die vor den Spiralen hängende Magnetnadel hat ihren Südpol links vor *ab*, ihren Nordpol rechts vor *cd*, — das Gegentheil ist natürlicherweise der Fall mit der hinter den Spiralen hängenden Nadel.

Was die Dimensionen des Apparates im Ganzen betrifft, so können sie aus Fig. 16 und 17 Taf. IV, die in einem Zehntel der wirklichen GröÙe ausgeführt sind, gesehen werden. Die Spiralen haben eine Länge von 501^{mm}, und ein 170^{mm} langes Stück von ihnen hält 77 Windungen, wonach die Spiralen in ihrer ganzen Länge aus 227 Windungen in jeder ihrer Schichten oder im Ganzen aus 454 Windungen bestehen. Der äußere Diameter der Spiralen ist 34^{mm},6, der innere 25^{mm},8. Der Abstand zwischen den Axen beider Spiralen beträgt 90^{mm}. — Die Magnetnadeln sind 146^{mm}

lang, und der Abstand zwischen ihren Axen ist 60^{mm} . — Die angewandten Wismuthstäbe hatten eine Länge von 141^{mm} , einen Diameter von $21^{\text{mm}},5$.

§. 2.

Wenn die Spiralen ganz gleich wären, und die Nadel sich wirklich absolut in der halben Höhe der Spiralen befände, wenn also eine vollkommene Symmetrie in der ganzen Anordnung stattfände, könnten die von einem Strom durchlaufenen Spiralen keinen Einfluss auf die Nadeln ausüben, weder in horizontaler noch in verticaler Richtung, — und hierin tritt keine Aenderung ein, wenn auch die Wismuthstäbe eingehängt sind, und ihre Mitten mit den Mitten der Spiralen genau zusammenfallen. Eine solche vollkommene Symmetrie ist jedoch praktisch unmöglich, und die Nadel wird folglich durch den Einfluss der Spiralen einen Ausschlag nach der einen oder der anderen Seite machen; — um diesen Einfluss der Spiralen aufzuheben, leitet man den Strom, ehe er in den Apparat eintritt, durch eine Rolle von übersponnenem Kupferdraht (die Hilfsrolle), — durch Nähern und Entfernen dieser Rolle kann man es leicht dahin bringen, dass die Nadel dieselbe Stellung einnimmt, ob die Spiralen vom Strom durchlaufen werden oder nicht. In den folgenden Versuchen war die Hilfsrolle zur linken Seite des Apparates angebracht und zwar so, dass ihr Südpol gegen den Apparat gerichtet war.

§. 3.

Wird eine Drahtspirale von einer Länge $2l$ von einem Strom, dessen Intensität J ist, durchströmt, so ist die vom Strome in der Richtung der Axe ausgeübte elektromagnetische Scheidungskraft für einen Punkt, der in einem Abstand a von der Mitte der Spirale liegt:

$$K = 2\pi r^2 \cdot I \cdot \frac{n}{2l} \int_{-(l-a)}^{+(l+a)} \frac{dx}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}},$$

wo n die Anzahl der Windungen in der Spirale, und x der

Abstand einer beliebigen Windung von dem Punkte bezeichnet. Man hat also:

$$K = \frac{\pi n I}{l} \cdot \left\{ \left[1 + \frac{r^2}{(l+a)^2} \right]^{-\frac{1}{2}} + \left[1 + \frac{r^2}{(l-a)^2} \right]^{-\frac{1}{2}} \right\}.$$

Wird $a=0$ gesetzt, so findet man die elektro-magnetische Scheidungskraft für einen Punkt in der Mitte der Spirale:

$$K^1 = \frac{2\pi n I}{\sqrt{l^2 + r^2}}.$$

Werden die Wurzelgrößen in dem Ausdruck für K entwickelt und die höheren Potenzen von $\frac{r}{l}$ vernachlässigt, so bekommt man:

$$K = K^1 \left\{ 1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{r}{l} \right)^2 \cdot \frac{3 \cdot \left(\frac{a}{l} \right)^2 - \left(\frac{a}{l} \right)^4}{\left[1 - \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right]^2} + \dots \right\}$$

Die Bedingungsgleichung, die ausdrückt, daß die elektro-magnetische Scheidungskraft für einen Punkt in einem Abstand a von der Mitte der Spirale nicht mehr als ein Bruchtheil m von dem Maximumwerth K^1 von diesem verschieden ist, wird dann folgende:

$$m = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{r}{l} \right)^2 \cdot \frac{3 \cdot \left(\frac{a}{l} \right)^2 - \left(\frac{a}{l} \right)^4}{\left[1 - \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right]^2}.$$

In den folgenden Versuchen wurden die Wismuthstäbe nicht weiter verschoben, als daß der am meisten entfernte Punkt sich in einem Abstand gleich der Länge der Stäbe oder 141^{mm} von der Mitte der Spiralen befand. Wird dieser Werth für a eingesetzt, und setzt man nach §. 1 $l = 250^{\text{mm}}, 5$, $r = 17^{\text{mm}}, 3$, so findet man:

$$m = 0,00434.$$

Die elektro-magnetische Scheidungskraft variirt also in dem Raume, innerhalb dessen in den folgenden Versuchen die Bewegung der Stäbe vorging, um nicht ganz $\frac{1}{2}$ Proc. Hier ist nur die äußere Schicht Windungen berücksichtigt, indem die Variation in der Wirkung der inneren Schicht mit dem kleineren Radius noch kleiner wird.

Hieraus folgt, dafs in den folgenden Versuchen der Elektromagnetismus der Stäbe als constant betrachtet werden kann, — und hieraus folgt weiter, dafs in den Wismuthstäben als Leitern während ihrer Bewegung zwischen den benutzten Gränzen keine Ströme inducirt werden.

§. 4.

Wenn also die Magnetnadel einen Ausschlag macht, ihre alte Gleichgewichtslage verläfst um eine neue einzunehmen, indem die Wismuthstäbe in den von einem Strom durchflossenen Spiralen bewegt werden, so ist dieß allein dem Elektromagnetismus oder Elektrodiamagnetismus der Wismuthstäbe zuzuschreiben, — wenigstens rührt es nicht von einer unmittelbaren Einwirkung der Spiralen auf die Nadel, oder von einem in den Stäben als Leitern inducirten Strom her.

Die astatische Nadel steht unter dem Einfluß zweier Kräfte: der Torsion des Aufhängungsdrahts und des Diamagnetismus der Stäbe, und die Nadel muß die Gleichgewichtslage einnehmen, die von dem gegenseitigen Verhältniß dieser beiden Kräfte bedingt wird.

Um sogleich die nähere Beschaffenheit der folgenden Versuche und die Art und Weise, auf den sie berechnet wurden, darzulegen, wird folgende Abschrift einer Beobachtungsreihe nach dem Protocoll mitgetheilt.

Die Bewegungen der Nadel wurden mittelst Fernrohr und Scale auf gewöhnliche Weise beobachtet, — die Scale war in Millimeter eingetheilt.

Das Zeichen —| deutet an, dafs die beiden Wismuthstäbe sich mit ihren Mitten in derselben Höhe wie die Mitten der Spiralen und die Pole der Nadeln befinden; um stets diese normale Stellung der Stäbe schnell hervorbringen zu können, war die Kurbel so auf die Axe des Rades I gesetzt, dafs ihre vertical aufwärtsgehende Stellung diese Lage der Stäbe angab. Die Zeichen —|^{I} und —|^{II} deuten an, dafs der linke Stab aufwärts und also der rechte nach unten geschoben ist und umgekehrt. — Die Ausdrücke

»rechts« und »links« stehen immer in Relation zum Beobachter, der durch das Fernrohr die Bewegungen der Nadeln verfolgt und die kleineren Zahlen der Scale und den Nordpol der vorderen Nadel an seiner rechten Hand, die größeren Zahlen der Scale und den Südpol derselben Nadel an seiner linken Hand hat.

Göttingen 1857. 8. December. 1 Becher.

Stellung der Stäbe.	Die abgele- senen Scalen- theile.	Ruhestand der Nadel.	Mittel	Tangentenbussole.	
Ohne Strom.					
—	500,3	—	500,3	469,2 469,3	469,25
Mit Strom.					
—	500,6 500,2 500,4	500,32 500,34	500,33	917,75 916,05	916,90
—	523,6 513,2 518,0 515,8	516,32 516,56 516,64	516,51	—	916,50
—	471,0 489,9 481,9 485,3 483,9	484,23 484,3 484,28 484,32	484,28	914,5 916,2 915,4	915,48
—	517,0 492,8 503,2 498,0 500,8 499,7	500,06 500,08 499,56 499,96 500,03	499,94	915,1 914,0 916,4	914,88
Ohne Strom.					
—	501,25 500,20 500,6	500,54 500,47	500,51	472,3 467,4 471,7	469,68

Die erste Columne giebt die Stellung der Wismuthstäbe an, — die zweite enthält die abgelesenen Scalentheile, — die dritte die aus diesen berechneten Ruhestände der Nadel. Das *decrementum logarithmicum* = $\log \frac{1}{\theta}$ war zu die-

sem Ende durch eigene Schwingungsbeobachtungen gefunden, sowohl für Schwingungen mit als ohne Strom, und

$\frac{\theta}{1+\theta}$ daraus berechnet; für Schwingungen ohne Strom ist

$\frac{\theta}{1+\theta}$ gleich 0,32, für Schwingungen mit Strom von 1 Be-

cher:0,30. — Die vierte Columne enthält die arithmetischen Mittel dieser Ruhestände, — die Differenzen zwischen diesen Mittelzahlen und die ursprüngliche Gleichgewichtslage giebt die Gröfse der Ablenkung in Scalentheilen an. Hat die Bewegung der Stäbe zu beiden Seiten gleich grofse Ablenkungen bewirkt, so mufs die halbe Summe der Zahlen, die die neuen Gleichgewichtslagen bezeichnen, gleich seyn der Zahl, die die ursprüngliche Gleichgewichtslage angiebt, und wirklich ist $\frac{516,51 + 484,28}{2} = 500,395$ so wenig davon

verschieden, als man überhaupt erwarten kann. Die halbe Differenz derselben Zahlen oder $\frac{516,51 - 484,28}{2} = 16,115$

giebt einen mittleren Werth der Ablenkung an. — Die fünfte Columne enthält die zur Bestimmung der Stromstärke nöthigen Beobachtungen. Der Strom ging durch eine Tangentenbussole, deren Nadel mit Spiegel versehen war, — der Stand der Nadel wurde also durch Schwingungen, die mittelst Fernrohr und Scale beobachtet wurden, bestimmt. Die erste Reihe dieser Columne enthält die abgelesenen Scalentheile, — die zweite das zweite arithmetische Mittel dieser Ablesungen.

Man sieht aus dieser Tafel, dafs die Gleichgewichtslagen der Nadel mit und ohne Strom nur im Zehntel eines Scalentheils differiren, weiter, dafs einer Bewegung der Kurbel zur Linken eine Bewegung der Nadel in entgegengesetzter Richtung entspricht. Wird hiermit, was oben in Rücksicht auf die Stellung des Beobachters in Bezug zu den Zahlen der Scale und den Polen der Nadel gesagt ist, verglichen, so sieht man, dafs der Südpol der vorderen Nadel von dem unteren Ende der linken Wismuthstäbe angezogen ist, — dieses Ende ist also ein Nordpol, — und dafs der Nordpol

derselben Nadel von dem oberen Ende des rechten Wismuthstabes abgestossen ist, — dieses Ende ist also auch ein Nordpol. Die entgegengesetzte Wirkung hat natürlich zwischen den Enden der Stäbe und den Polen der hinteren Nadel stattgefunden, so dafs die Gröfse der Ablenkung verdoppelt ist. Da nun nach §. 1 und 2 der linke Wismuthstab sich in einer Spirale befindet, worin unter den vorhandenen Umständen ein Eisenstab einen Nordpol nach oben und einen Südpol nach unten haben würde, der rechte Wismuthstab in einer Spirale, worin ein Eisenstab seinen Südpol nach oben und seinen Nordpol nach unten haben würde, so haben also die beiden Wismuthstäbe ihre Pole gerade an den Enden erhalten, wo Eisenstäbe unter gleichen Verhältnissen die entgegengesetzten Pole haben würden.

Man sieht weiter ein, dafs eine indifferente Abstossung zwischen Wismuth und Magnetpolen in jedem Fall die unveränderte Lage der Nadeln zur Folge haben müfste, — und dafs ein in den Stäben als Leitern inducirter Strom wohl eine Bewegung der Nadel in der hier resultirenden Richtung hervorgebracht haben konnte, aber keine stetige Ruhe in einer neuen Gleichgewichtslage.

§. 5.

Nach §. 1 sind die Nadeln 146^{mm} lang, — der Abstand zwischen den Axen der Spirale, also auch zwischen den Axen der Stäbe ist 90^{mm}; man kann dann annäherungsweise annehmen, dafs die Pole einer und derselben Nadel sich auch in einen Abstand von 90^{mm}, und also den Axen der Stäbe gegenüber befinden. Nennt man den Abstand einer Stabaxe von dem Aufhängungsdraht β , und den halben Abstand der Nadelaxen α , so kann man bei einer Ablenkung ϑ der Nadel die diamagnetischen Kräfte der Stäbe annäherungsweise dem Ausdruck:

$$\frac{1}{(\alpha + \beta \cdot \sin \vartheta)^2} + \frac{1}{(\alpha - \beta \cdot \sin \vartheta)^2} - \frac{\alpha + \beta \cdot \sin \vartheta}{[l^2 + (\alpha + \beta \cdot \sin \vartheta)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{\alpha - \beta \cdot \sin \vartheta}{[l^2 + (\alpha - \beta \cdot \sin \vartheta)^2]^{\frac{3}{2}}}$$

proportional setzen, wo l die Länge der Stäbe bezeichnet. Entwickelt man die verschiedenen Größen dieses Ausdrucks nach Potenzen von $\sin. \vartheta$, so findet man, daß alle Glieder, die $\sin. \vartheta$ in erster Potenz enthalten, sich gegenseitig aufheben, und daß also die Aenderung der diamagnetischen Kräfte der Stäbe nur von den höheren Potenzen des $\sin. \vartheta$ abhängen. Da nun die größte im Folgenden vorkommende Ablenkung nur einen halben Grad beträgt, so kann man hier die diamagnetischen Kräfte als vom Ablenkungswinkel unabhängig betrachten.

Hieraus folgt dann, daß man bei verschiedenen Ablenkungen den Diamagnetismus der Stäbe seiner Wirkung oder der Ablenkung proportional setzen kann. Statt der Ablenkungswinkel selbst sind im Folgenden die davon sehr wenig verschiedenen Sinuse benutzt.

Diese Ablenkungen (z) auf der Scale der diamagnetischen Apparate sind nach optischen Gesetzen der Tangente des doppelten Ablenkungswinkels der Nadel proportional. Nennt man den Abstand zwischen Spiegel und Scala a , so hat man:

$$\frac{z}{a} = \operatorname{tg} 2\vartheta.$$

Hieraus folgt:

$$\sin. \vartheta = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{a}{\sqrt{a^2 + z^2}}} \quad (1)$$

der also im Folgenden als ein Maafs des Diamagnetismus der Stäbe benutzt worden ist; a ist 4144^{mm}.

§. 6.

Wird der Abstand zwischen Spiegel und Scale der Tangentenbussole mit α und die beobachteten Scalentheile durch y bezeichnet, so hat man:

$$\frac{y}{\alpha} = \operatorname{tg} 2u,$$

wo u den Ablenkungswinkel der Bussole bezeichnet. Hieraus folgt:

$$\operatorname{tg}. u = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 + y^2}}{y}, \quad (2)$$

α ist hier 1093^{mm},5.

Nennt man die Stromstärke I , die horizontale Componente des Erdmagnetismus T und den Radius der Boussole r , so hat man:

$$I = \frac{rT}{2\pi} \cdot \operatorname{tg} u.$$

Der Diameter der Bussole war 610^{mm} ; setzt man $T=1,8$, so hat man:

$$I = 305 \cdot \frac{1,8}{2\pi} \cdot \operatorname{tg} u. \quad (3)$$

§. 7.

Man sieht aus der Tafel im §. 4, daß die Ablenkung der Tangentenbussole schon bei Anwendung eines Bechers zwischen 900 und 1000 Scalentheile beträgt. Um dieselbe Bussole auch bei größeren Intensitäten benutzen zu können, wurde bei Anwendung mehrerer Becher nur ein Theil des Stromes durch die Bussole geleitet. Um das Verhältniß zwischen der in der Bussole beobachteten Intensität und der in dem diamagnetischen Apparat wirklich stattfindenden zu bestimmen, wurden folgende Versuche vorgenommen.

1. Der Strom eines Bechers wurde durch den diamagnetischen Apparat und die Bussole geleitet, — nach dem Ausschlag der Bussole wurde die Stromstärke S nach den Formeln (2) und (3) im vorigen Paragraph berechnet. Nennt man den Widerstand in den Spiralen, der Hilfsrolle, der dazu gehörigen Leitung und in dem Becher m , den Widerstand in der Bussole und den Drähten, die die Bussole mit der übrigen Leitung verbinden, M , so ist:

$$S = \frac{E}{M + m},$$

wenn E die elektromotorische Kraft bezeichnet.

2. Ein Stück Kupferdraht wurde in die Leitung einfach eingeschaltet, der Widerstand wurde dadurch zu $M + m + M'$ vergrößert, wo M' den Widerstand des eingeschalteten Drahtes bedeutet. Aus den Beobachtungen der Tangentenbussole wurde die Stromstärke S' berechnet, und man hat dann:

$$S' = \frac{E}{M + m + M'}.$$

3. Dasselbe Drahtstück wurde zwischen den Enden der Drähte, die die Bussole mit der übrigen Leitung verbinden, eingeschaltet, so daß der Strom sich zwischen die Bussole und dieses Drahtstück theilen mußte. Aus dem Ausschlag der Bussole wurde die Intensität S'' des durch dieselbe gehenden Stromes berechnet. Das Leistungsvermögen der Bussole ist $\frac{1}{M}$, der des eingeschalteten Drahtstückes $\frac{1}{M'}$, also das Leistungsvermögen der beiden $\frac{1}{M} + \frac{1}{M'} = \frac{M + M'}{M \cdot M'}$, oder ihr gesamter Leitungswiderstand $\frac{M \cdot M'}{M + M'}$. — Nennt man die in den Spiralen in diesem Fall existirende Stromstärke P , so hat man:

$$P = \frac{E}{m + \frac{M \cdot M'}{M + M'}}.$$

Zwischen P und S'' findet dann folgendes Verhältniß statt:

$$S'' = P \cdot \frac{M'}{M + M'} \text{ oder } P = S'' \cdot \frac{M + M'}{M'}. \quad (4)$$

Mittelst S'' kann also P bestimmt werden, wenn man das Verhältniß $\frac{M + M'}{M'}$ oder auch $\frac{M}{M'}$ kennt.

Zur Bestimmung dieses Verhältnisses hat man folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned} P : S &= (M + m) & : \left(\frac{M \cdot M'}{M + M'} + m \right) \\ S : S' &= (M + m + M') : (M + m) \\ P : S' &= (M + M') & : M'. \end{aligned}$$

Hieraus findet man:

$$\frac{M}{M'} = \frac{S'}{2(S - S')} \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{4(S - S') \cdot (S - S'')}{S' \cdot S''}} \right\} \quad (5)$$

In einer Beobachtungsreihe wurden zur Bestimmung von S , S' und S'' folgende Scalentheile abgelesen:

Ohne Strom	499,55
Mit Strom	1) 920,0
	2) 905,63
	3) 665,23.

Setzt man die hieraus berechneten Werthe von S , S' und S'' in der Gleichung (5) ein, so erhält man:

$$\frac{M}{M'} = 1,543058.$$

Eine andere Reihe gab:

Ohne Strom	470,0
Mit Strom	1) 922,43
	2) 905,98
	3) 648,67

Hieraus findet man auf ähnlicher Weise:

$$\frac{M}{M'} = 1,529952.$$

Wird das Mittel von diesen zwei Bestimmungen genommen, so hat man:

$$\frac{M}{M'} = 1,536505.$$

oder nach (4):

$$P = S'. 2,536505.$$

Bei allen Versuchen, worin 2, 3 oder 4 Becher benutzt wurden, war derselbe Kupferdraht auf die unter (3) näher bestimmte Weise eingeschaltet, und in allen diesen Versuchen muß man also um die in den Spiralen stattfindende Stromstärke zu erhalten, die an der Tangentenbussole stattfindende mit 2,536505 multipliciren.

§. 8.

In der oben schon genannten Abhandlung sagt Hr. Tyndall: »Es scheint im ersten Augenblicke sonderbar, daß die Größe des Ausschlags mit der Stärke der Batterie nicht wächst; der Grund liegt zum Theil darin, daß der Magnet, während der Strom circularte, in einer Stellung frei von den Spiralen (*in a position free from the spirals*) durch Kräfte gehalten wurde, die theils von den Spiralen herrühren und theils von einem Theil des äußeren Stromes. Wird

der Strom stärker, so wächst der Magnetismus der Wismuthstäbe; aber dasselbe thut auch die Kraft, durch welche die Magnete in ihrer Gleichgewichtslage gehalten wurden. Um sie aus dieser Stellung zu bringen ist nun eine grössere Kraft nöthig, als wenn sie allein von einer Restwirkung eines schwachen Stromes in derselben zurückgehalten wurden. Die auf derselben Stelle mitgetheilten Beobachtungen zeigen auch für 2, 3 und 4 Becher ganz dieselben Ausschläge:

	2 Becher	3 Becher	4 Becher
Stellung 1.	450	439	425
„ 2.	462	450	437
„ 3.	473	462	448

Dieses stimmt gar nicht mit den aus meinen Versuchen folgenden Resultaten, indem hier die Gröfse des Ausschlags mit der Stromstärke wächst. Wenn ich in diesem Punkt Hrn. Tyndall recht verstanden habe, so nimmt er an, dafs die Direktionskraft in seinem Apparate wesentlich eine variable, mit der Stromstärke wachsende wäre, — in solchem Falle würde man durch die Beobachtung der Schwingungsdauern diese bei stärkeren Intensitäten kleiner als bei schwächeren gefunden haben; bei den folgenden Versuchen fand das Gegentheil statt, — die Schwingungsdauern waren bei grösseren Intensitäten gröfser.

Bei diesen Versuchen war, wie oben schon in §. 5 bemerkt worden ist, die Torsion des Aufhängungsdrahtes die wesentliche Direktionskraft, und der unmittelbare Einfluss der Spiralen auf die Nadel (*the residual action*) wurde von der Hülfsrolle (*a portion of the external circuit*) aufgehoben.

§. 9.

Dafs in den folgenden Versuchen doch eine Modification der constanten Direktionskraft des Drahtes stattgefunden hat, und zwar von einer Quelle, deren Einfluss mit der Intensität des Stromes gewachsen ist, geht daraus hervor, dafs die Schwingungsdauern mit wachsenden Stromstärken zunehmen. Eine Zusammenstellung der gefundenen Schwingungsdauern und der entsprechenden Ablesungen der Tangentenbussole ist in der folgenden Tafel enthalten:

Anzahl der Becher.	Stellung der Stäbe.	Schwingungsdauer.	Tangentenbusssole.
Ohne Strom			500,0
1 Becher	—	35",18	919,8
	—	34",67	922,0
	—	35",51	921,8
Ohne Strom			500,0
2 Becher	—	37",29	
	—	37",59	750,0
	—	37",85	
Ohne Strom			470,25
3 Becher	—	40",53	825,0
	—	40",57	815,0
Ohne Strom			470,68
4 Becher	—	44",19	939,0
	—	43",62	926,0
	—	45",05	917,0

Die angeführten Schwingungsdauern wurden aus Schwingungsreihen gefunden, die in der Regel nur aus 5 bis 6 einzelne Schwingungen bestanden, indem die Dämpfung so stark war, daß die späteren Schwingungen nicht in Rücksicht genommen werden konnten.

Nimmt man das Mittel der bei Anwendung derselben Anzahl Becher gefundenen Schwingungsdauern, und berechnet man aus dem Mittel der entsprechenden Ablesungen der Tangentenbusssole nach §. 6 die Stromintensitäten, so bekommt man folgende Tafel, in deren letzter Columnne der aus eigenen Schwingungen berechnete Ausdruck: $\frac{\theta}{1+\theta}$ sich findet:

Anzahl der Becher.	Intensität.	Schwingungs- dauer.	$\frac{\theta}{1+\theta}$
0 Becher	0	31",89	0,319 = 0,32
1 „	16,24754	35 ,12	0,304 = 0,30
2 „	25,01491	37 ,58	0,287 = 0,29
3 „	34,58376	40 ,55	0,279 = 0,28
4 „	44,42157	44 ,29	0,278 = 0,28

Was der Grund dieser Zunahme der Schwingungsdauern auch seyn kann, so leuchtet jedenfalls ein, dafs die Direktionskraft der Nadel sich umgekehrt wie die Quadrate der Schwingungsdauern, oder dafs die Sinuse der Ausschlagswinkel sich wie diese Quadrate verhalten, — mit anderen Worten, dafs die bei gröfseren Intensitäten gefundenen Ablenkungen im Verhältnifs zu den bei geringeren Intensitäten gefundenen zu grofs seyn müssen, und dafs man, um die bei verschiedenen Intensitäten beobachteten Ablenkungen vergleichen zu können, alle auf dieselbe Schwingungsdauer reduciren mufs. In dem Folgenden sind alle Ablenkungen auf die ohne Strom gefundene Schwingungsdauer: 31",89 reducirt, indem die nach Formel (1) §. 5 aus dem Beobachtungen gefundenen Sinuse mit $\frac{31,89^2}{t^2}$ multiplicirt sind, — t bedeutet hier die der angewandten Anzahl Becher nach obenstehender Tafel entsprechende Schwingungsdauer.

§. 10.

Es wurde oben in §. 8 gesagt, dafs der unmittelbare Einflufs der Spiralen auf das astatische Nadelpaar durch die Hülfsrolle aufgehoben wäre. Nun ist es jedoch so, dafs diese Neutralisation genau genommen nur in der Gleichgewichtsstellung der Nadel stattfinden kann, oder überhaupt nur in einer bestimmten Stellung der Nadeln gegen die Spiralen. Sobald die Nadeln aus dieser Stellung gebracht werden, wächst der Einflufs der Spiralen auf die näher kommende Nadel nach einem stärkeren Verhältnifs als das, wonach der Einflufs auf die andere Nadel abnimmt, und der Einflufs der Spiralen wird folglich im Ganzen gröfser, wäh-

rend dagegen die Hülfsrolle in ihrer größeren Entfernung von den Nadeln ihren Einfluss mehr unverändert behält. Diese Aenderung in dem Einfluss der Spiralen hängt wie die entsprechende Aenderung in dem Einfluss der Stäbe nur von den höheren Potenzen des $\sin \vartheta$ ab und ist jedenfalls bei den hier vorkommenden kleinen Winkeln sehr klein.

Die Folge von dieser Aenderung ist die, dass die bei der Verschiebung der Stäbe erhaltenen neuen Gleichgewichtslagen der Nadel nicht genau in demselben Abstand rechts und links von der ursprünglichen Gleichgewichtslage liegen, was besonders bei größeren Intensitäten des Stromes hervortreten muss. Ein Einfluss auf die halbe Differenz dieser Gleichgewichtslagen oder auf den mittleren Werth der Ablenkungswinkel wird dagegen daraus nicht hervorgehen.

§. 11.

Ich habe auch Schwingungsversuche vorgenommen, indem der Strom allein durch die Hülfsrolle geleitet wurde, — die Nadel wurde durch Nähern eines Magnetstabes in Schwingungen versetzt. — Da die Schwingungsbogen ganz aus der Scale, auf die eine Seite derselben fielen, so musste man sich darauf beschränken, das Bild einer Lichtflamme in dem Spiegel zu beobachten. Drei Schwingungsreihen gaben eine Schwingungsdauer von 33",0 bei einer Stromstärke von etwa 18. Diese Schwingungsdauer ist nicht mehr von der oben für Schwingungen ohne Strom gefundenen verschieden, als dass man wohl annehmen kann, die Hülfsrolle habe keinen wesentlichen Einfluss auf die Schwingungsdauer.

Die Ausmittelung des wahren Grundes dieser Zunahme der Schwingungsdauer wird einer eigenen Untersuchung vorbehalten.

§. 12.

Wenn der Beobachter durch das Fernrohr schauete, hatte er den diamagnetischen Apparat vor sich in einem Abstand von 4144^{mm}, die Hülfsrolle 450^{mm} links davon, die Becher 1600^{mm} davon auf der anderen Seite, — 3000^{mm}

weiter nach Rechts stand die Tangentenbussole und in einem Abstand von 1093^{mm},4 vor derselben das dazu gehörige Fernrohr.

Die angewandten Becher waren gewöhnliche Zink-Platin-Becher.

Die Beobachtungen wurden von einem einzigen Beobachter ausgeführt in folgender Ordnung: Zuerst wurde die Gleichgewichtslage der Nadel des diamagnetischen Apparates, ehe noch die Kette geschlossen war, abgelesen, — darauf die Gleichgewichtslage der Tangentenbussole; — nun wurde die Kette geschlossen, während die Kurbel ihre normale Stellung einnahm, — die beiden Gleichgewichtslagen wurden wieder abgelesen, — die Kurbel wurde gedreht, und die Lagen der beiden Nadeln wurden wieder in derselben Ordnung beobachtet. — Ich hatte nicht wie Hr. Tyndall eine Vorrichtung, die es möglich machte die Kurbel zu drehen ohne das Fernrohr zu verlassen, — dieses war jedoch in so fern ohne Bedeutung, als ich stets Zeit genug hatte meinen Platz beim Fernrohre einzunehmen, ehe die Nadel ihre erste Elongation vollbracht hatte.

Im Folgenden wird eine vollständige Abschrift von zwei Versuchsreihen bei Anwendung von einem Becher gegeben, — übrigens werden nur die Resultate mitgetheilt.

§. 13.

Göttingen 1857. 19. November. 1 Becher.

Stellung d. Stäbe	Die abgelesenen Scalentheile	Ruhestand d. Nadel	Mittel	Tangentenbusssole.	
Ohne Strom.					
—	492,4	491,52 491,51	491,52	—	499,0
	491,1				
	491,7				
Mit Strom.					
—	491,0	491,42 491,32	491,37	—	940,0
	491,6				
	491,2				

Stellung d. Stäbe	Die abgele- senen Scalen- theile	Ruhestand der Nadel	Mittel	Tangentenbusssole	
	514,3	507,3	507,35	936,2	937,07
	504,3	507,38		937,9	
	508,7	507,37		936,3	
	506,8			937,8	
	463,1	475,87	476,0	935,0	935,33
	481,35	476,1		935,4	
	473,85	475,98		935,2	
	476,9	476,06		935,8	
	475,7		491,07		933,61
	496,95	491,11		934,1	
	488,6	491,05		933,5	
	492,1	491,05		934,2	
	490,6	491,09	476,01	933,2	932,87
	491,3				
	469,8	476,13		932,8	
	478,85	476,02		933,1	
	474,8	475,95	506,57	932,5	931,22
	476,45	475,96			
	475,75				
	519,75	506,7		932,0	
	501,1	506,56	506,57	930,5	931,22
	508,9	506,52		932,0	
	505,5	506,51		930,5	
	506,95	506,57		931,8	
	506,4		491,15		928,52
	484,0	491,07		928,0	
	494,1	491,16		929,0	
	489,9	491,23		928,1	
	491,8	491,14			
	490,85				

Göttingen 1857. 21. November. 1 Becher.









Stellung d. Stäbe	Die abgelesenen Scalentheile	Ruhestand d. Nadel	Mittel	Tangentenbusssole	
Ohne Strom.					
—	498,0	—	498,0	— 499,0	
Mit Strom.					
—	495,8	496,99	497,07	937,4	937,72
	497,5	497,01		938,0	
	496,8	497,15		937,5	
	497,3				

Stellung d. Stäbe	Die abgele- senen Scal- entheile	Ruhestand der Nadel	Mittel	Tangentenbussole	
	519,5	512,82	512,71	936,0	936,35
	509,95	512,71		936,8	
	513,9	512,68		935,8	
	512,15	512,64			
	512,85				
	468,5	481,38	481,26	936,1	935,35
	486,9	481,44		934,7	
	479,1	481,27		935,9	
	482,2	480,73			
	480,1	481,25			
	481,75	481,51			
	481,4				
	504,2	497,17	496,98	935,9	935,0
	494,15	496,98		934,2	
	498,2	496,94		935,7	
	496,4	496,82			
	497,0				
	474,8	481,06	481,17	—	933,8
	483,75	481,2			
	480,1	481,25			
	481,75	481,16			
	480,9				
	526,0	511,93	511,7	932,0	932,33
	505,9	511,64		932,9	
	514,1	511,72		931,5	
	510,7	511,54			
	511,9	511,69			
	511,6				
	489,1	495,54	495,81	931,6	930,78
	498,3	495,77		930,1	
	494,75	495,87		931,3	
	496,35	496,04			
	495,9				
Ohne Strom.					
	499,2	497,87	497,72	496,5	497,07
	497,25	497,76		497,8	
	498,0	497,52		496,2	
	497,3				

Eine jede dieser Beobachtungsreihen forderte eine Zeit von 30 bis 45 Minuten, — der Strom war also ziemlich constant.

Werden nun nach den Formeln (2) und (3) §. 6 die verschiedenen mittleren Gleichgewichtslagen entsprechenden Intensitäten berechnet, so lassen sich die Resultate in folgender Tafel zusammenstellen:

1 Becher.

Stellung der Stäbe.	Gleichgewichtslagen der Nadel.	Differenz 2	Intensität.	Mittel.
	507,35	15,68	16,85251	16,82143
	476,0		16,79034	
	476,01	15,28	16,70228	16,67281
	506,57		16,64333	
	512,71	15,73	16,82671	16,80865
	481,26		16,79059	
	481,17	15,27	16,80458	16,77835
	511,7		16,75212	

Die in dritter Columnne enthaltenen Zahlen sind nun der Tangente des doppelten Ablenkungswinkels der Nadel proportional; der Sinus dieses Ablenkungswinkels, nach Formel (1) §. 5 bezeichnet, giebt einen Ausdruck für den Diamagnetismus der Stäbe. Nach §. 9 muß man, um diese Ausdrücke mit den bei anderen Intensitäten gefundenen vergleichen zu können, dieselben mit: $\frac{31,89^2}{35,12^2}$ multipliciren. Wird diese Reduction vorgenommen, so bekommt man für Anwendung eines Bechers folgende zusammengehörige Werthe des Diamagnetismus der Stäbe (K) und der Stromstärke (I), woraus das Verhältniß $\frac{I}{K}$ sich berechnen läßt.

1 Becher.









K	I	$\frac{I}{K}$
0,0015860	16,82143	10606,26
0,0015644	16,67281	10657,56
0,0015860	16,80865	10598,19
0,0015644	16,77835	10725,02
	16,77031	10646,76

Die größte Abweichung der einzelnen Werthe des $\frac{I}{K}$ vom mittleren ist hier: 0,735 Proc. Die Größe des Ausschlags beträgt etwa: 0° 6' 34".

§. 14.

Es wurden nun auch ähnliche Versuche gemacht unter Anwendung von 2, 3 und 4 Bechern. Berechnet man wie im vorigen §. die Intensitäten, so lassen die Resultate sich in folgenden Tafeln sammeln.

2 Becher.

Stellung der Stäbe.	Gleichgewichtslagen der Nadel.	$\frac{\text{Differenz}}{2}$	Intensität.	Mittel.
	519,45	27,5	26,31433	26,22503
	464,46		26,13572	
	463,72	26,52	26,00945	25,99792
	516,76		25,98639	
	519,27	27,78	26,38997	26,22546
	463,72		26,06095	
	463,26	26,2	25,95015	25,89756
	515,66		25,84496	





Berechnet man auch hier nach Formel (1) §. 5 die Sinuse der Ablenkungswinkel und reducirt nach §. 9 die gefundenen Werthe zu der Schwingungsdauer: 31",89, so erhält man folgende zusammengehörende Werthe von K , I und $\frac{I}{K}$:

2 Becher.

K	I	$\frac{I}{K}$
0,0023883	26,22503	10980,55
0,0023167	25,99792	11222,07
0,0024314	26,22546	10786,37
0,0022772	25,89756	11372,69
	26,08649	11090,42

Auf ähnliche Weise erhält man für 3 und 4 Becher:





3 Becher.

Stellung der Stäbe.	Gleichgewichtslagen der Nadel.	$\frac{\text{Differenz}}{2}$	Intensität.	Mittel.
	528,75	35,85	31,81304	31,67332
	457,05		31,53359	
	538,81	44,68	36,67881	36,44531
	449,46		36,21180	

3 Becher.

K	I	$\frac{I}{K}$
0,0026817	31,67332	11811,02
0,0033306	36,44531	10942,47
	34,05932	11376,75

4 Becher.

Stellung der Stäbe.	Gleichgewichtslagen der Nadel.	Differenz 2	Intensität.	Mittel.
	554,85	72,58	47,59930	47,40089
	409,69		47,20247	
	546,66	66,44	45,81193	45,74532
	413,79		45,67871	

4 Becher.

K	I	$\frac{I}{K}$
0,0045389	47,40089	10443,18
0,0041524	45,74532	11016,68
	46,57311	10729,93

§. 15.

Fasst man die verschiedenen durch Anwendung von 1, 2, 3 und 4 Bechern erhaltenen mittleren Werthe von $\frac{I}{K}$ zusammen, so hat man:

Anzahl der Becher.	I	$\frac{I}{K}$
1	16,77031	10646,76
2	26,08649	11090,42
3	34,05932	11376,75
4	46,57311	10729,93
		10960,96

Die größte Abweichung von dem mittleren Werth des $\frac{I}{K}$ ist: 3,79 Proc., also nicht ganz so groß wie die Abweichung der beiden bei Anwendung von 3 Bechern — also bei ganz naheliegenden Intensitäten — gefundenen Werthen von ihrem Mittel.

Hieraus scheint hervorzugehen, daß der *Diamagnetismus der Stäbe, zwischen den hier angewandten Gränzen, der Stromstärke proportional ist*, was die *Weber'sche Theorie* des Diamagnetismus zwischen beliebigen Gränzen fordert.

§. 16.

Es verdient bemerkt zu werden, daß die in §. 9 angeführten und zu den Reductionen angewandten Schwingungsdauern eigentlich nur für die bestimmten in §. 9 angegebenen Intensitäten Gültigkeit haben. Von diesen weichen nun die in den einzelnen Beobachtungsreihen vorkommenden Intensitäten nicht besonders ab, mit Ausnahme der bei Anwendung von 3 und 4 Bechern stattfindenden.

Bei Anwendung von 3 Bechern kommen Intensitäten vor, die nahe: 31,5 und 36,5 sind, während der der Schwingungsdauer 40",55 entsprechende nach §. 9 34,58376 ist. Man hat also zur Reduction der Ausschläge im einen Fall eine zu grofse, im anderen eine zu kleine Schwingungsdauer angewandt. Schätzt man die Schwingungsdauer in dem ersten Fall zu 39",5, in dem letzten zu 41",2, und benutzt man diese Zahlen zu den Reductionen, so bekommt man:

3 Becher.		
K	I	$\frac{I}{K}$
0,0028261	31,67332	11207,27
0,0032264	46,44531	11296,09
		11251,68

Bei Anwendung von 4 Bechern weicht besonders die erste Intensität: 47",4 wesentlich von der bei der Schwingungsdauer 44",9 stattfindenden ab; setzt man hier die Schwingungsdauer gleich 45",3, so hat man:

4 Becher.		
K	I	$\frac{I}{K}$
0,0043388	47,40089	10924,91
0,0041524	45,74532	11016,68
		10970,80

Die bei Anwendung von 1 und 2 Bechern stattfindenden Intensitäten sind sämmtlich etwas gröfser als die den im §. 9 angeführten Schwingungsdauern entsprechenden; die daraus bezeichneten Werthe von $\frac{I}{K}$ sind also etwas zu klein.

Hieraus geht denn hervor, dafs eine genauere Kenntnifs der in jeden einzelnen Fall stattfindenden Schwingungsdauer dazu beigetragen haben würde, die verschiedenen Werthe von $\frac{I}{K}$ einander und einer Gröfse, die nicht viel von 11000 verschieden seyn würde, zu nähern.

§. 17.

Um den Diamagnetismus der Stäbe absolut zu bestimmen, könnte man ein Paar Eisenstäbe in den Spiralen anbringen und ähnliche Versuche damit wie früher mit den Wismuthstäben vornehmen. Der diamagnetische Apparat ist jedoch dazu zu empfindlich.

Es wurde dagegen eine Rolle von übersponnenem Kupferdraht gemacht, die ganz dieselbe Länge und denselben Durchmesser wie die Wismuthstäbe hatte. Die Wismuthstäbe wurden herausgenommen und statt des linken Stabes diese Rolle in der linken Spirale aufgehangen. Während nun ein Strom, dessen Stärke durch ein Galvanometer gemessen wurde, durch die Rolle ging, wurden ganz ähnliche Verschiebungen mit dieser Rolle wie früher mit den Stäben vorgenommen. Das magnetische Moment der Rolle läfst sich aus der Länge derselben, dem Durchmesser und der Anzahl der Windungen bestimmen, wenn man die Stromintensität kennt. Eine solche möglichst gleichförmige Rolle kann als Stellvertreter eines Diamagnets angesehen werden; wenn ein Wismuthstab bei seiner Verschiebung dieselbe Ablenkung hervorbringt, so besitzen beide unter den vorhandenen Umständen dasselbe magnetische Moment.

§. 18.

Die Rolle war 141^{mm} lang und bestand aus 1343 Umwindungen, in zwei Schichten vertheilt; die innere Schicht

hielt 653, die äußere 690 Windungen, der mittlere Radius der Windungen konnte sehr nahe $\frac{1}{2} \times 21,5^{\text{mm}}$ gesetzt werden. Durch eine solche Rolle konnte man nicht einen starken Strom leiten, weil der Einfluß auf die Nadeln zu stark gewesen seyn würde; man mußte dagegen einen sehr schwachen Strom wählen, und dieser konnte nicht mit einer gewöhnlichen Tangentenbussole gemessen werden. Als Galvanometer wurde das in der Abhandlung der HH. R. Kohlrausch und W. Weber »Elektrodynamische Maafsbestimmungen, insbesondere Zurückführung der Stromintensitätsmessungen auf mechanisches Maafs« beschriebene benutzt. Bezeichnet D das von dem ganzen, vom Normalstrom durchflossenen Multiplicator auf die Nadel ausgeübte Drehungsmoment, so ist:

$$D \cdot I = 2\mu\epsilon \cdot T \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

wo I die Stromintensität, T die horizontale Componente des Erdmagnetismus, $2\mu\epsilon T$ die auf die Nadel wirkende erdmagnetische Direktionskraft und φ der Ablenkungswinkel der Nadel bedeutet. Hieraus folgt:

$$I = T \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{2\mu\epsilon}{D}$$

oder wenn man T gleich 1,8 und $\frac{2\mu\epsilon}{D}$ nach der obengenannten Abhandlung gleich $\frac{1}{262,1}$ setzt:

$$I = \frac{1,8}{262,1} \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

$\operatorname{tg} \varphi$ wird hier auf ähnliche Weise wie $\operatorname{tg} u$ in Formel (2) §. 6 berechnet.

Der Abstand zwischen Scale und Spiegel des Galvanometers war 1680^{mm} .

§. 19.

Ungeachtet zwölf Drahtrollen, die zusammen eine Drahtlänge von etwa drei Meilen enthalten, in die Leitung eingeschaltet worden, war der Strom eines Zink-Platin-Bechers jedoch zu stark um auf der Scale des Galvanometers gemessen zu werden. Um eine genügend schwache Stromquelle zu erhalten, wurde bei Anwendung desselben großen Wider-

standes in ein Kupferbecken ein Glasring gelegt, so viel reines Wasser eingegossen, daß der obere Rand des Ringes gerade benetzt wurde, und einige Zinkscheiben auf den Glasring gelegt, das eine Ende des Leitungsdrahts wurde an dem Becher befestigt; das andere um ein rundes Messinggewicht gewickelt, das einfach auf die Zinkscheiben gestellt wurde. Der Strom ging vom Becken durch das Galvanometer, weiter durch den 3 Meilen langen Draht zu dem diamagnetischen Apparat, wo er die Windungen der in der linken Spirale angebrachten Rolle durchlief, und so zurück zu dem Messinggewicht. Die beiden Enden des auf die Rolle gewickelten Drahts wurden, um ihren Einfluß auf die Nadel zu verhindern, dicht neben einander bis außerhalb des Apparats geführt.

Der Abstand zwischen dem diamagnetischen Apparat und dem Galvanometer war 12,5 Meter, die Stromquelle befand sich ungefähr in der Mitte zwischen beiden.

§. 20.

Die Beobachtungen wurden wie früher bei Bewegung der Wismuthstäbe ausgeführt, mit Ausnahme jedoch, daß der diamagnetische Apparat und das Galvanometer gleichzeitig beobachtet wurden.

Ich theile eine Abschrift des Protocolls mit.

Göttingen 1857. 27. December.

Stellung der Rolle.	Die abgele- senen Sca- lentheile.	Ruhestand der Nadel.	Mittel.	Galvanometer.
Ohne Strom.				
┌	498,1	—	498,1	471,2
				464,8
				471,1
				464,9
				471,1
				464,8
				471,0
				464,8
				467,96

Stellung der Rolle.	Die abgelese- nen Scalen- theile.	Ruhestand der Nadel.	Mittel	Galvanometer.
Mit Strom.				
—	498,5	—	498,5	289,5
				27,5
				288,7
				28,5
				288,3
				30,2
				288,0
				31,0
				286,4
				32,0
—	476,85 486,2 481,95 483,95 482,95	483,25 483,29 483,32 483,27	483,28	41,5
				277,6
				41,0
				277,4
				42,5
				276,5
				45,0
				275,0
				266,5
				52,3
—	527,5 507,3 516,6 512,1 514,2 513,3	513,66 513,67 513,52 513,54 513,58	513,59	265,7
				53,0
				265,2
				56,0
				264,0
				55,9
				61,4
				246,0
				62,0
				245,0
—	469,9 489,4 480,1 484,45 482,35 483,2	483,16 483,03 483,08 483,01 482,93	483,04	61,2
				245,2
				61,1
				243,5
				65,0
				243,5
				65,0
				242,0
				66,7
				241,3
—	528,0 507,35 516,85 512,6 514,35 513,75	514,08 513,86 513,94 513,80 513,94	513,92	67,2
				158,82
				159,75
				159,56
				153,44
				154,12

Stellung der Rolle.	Die abgelesenen Scalentheile.	Ruhestand der Nadel.	Mittel.	Galvanometer.
—	501,85	498,73 498,57 498,57 498,64	498,63	230,2
	497,3			77,2
	499,15			232,2
	498,3			77,2
	498,8			233,3
				154,99
				78,0
				233,1
				77,5
Ohne Strom.				
—	497,0	—	497,0	417,4
				516,0
				417,9
				515,6
				418,1
				515,2
				418,7

Die Verschiebung der Rolle war ganz dieselbe wie früher die Verschiebung der Stäbe. Die die Stellung der Rolle andeutenden Zeichen brauchen keine Erklärung

Das *decrementum logarithmicum* wurde aus eigenen Schwingungen bestimmt, und daraus: $\frac{\theta}{1+\theta} = 0,315$ berechnet.

Die Schwingungsdauer der Nadel wurde gleich $33'',125$ gefunden.

Berechnet man nach §. 18 die den verschiedenen mittleren Gleichgewichtslagen entsprechenden Intensitäten, so bekommt man folgende Tafel:

Stellung der Stäbe.	Gleichgewichtslagen der Nadel.	Differenz 2	Intensität.	Mittel.
—	483,28	15,155	0,00062475	0,00062494
—	513,59		0,00062512	
—	483,04	15,44	0,00063508	0,00063438
—	513,92		0,00063368	

Berechnet man aus den in der dritten Columnne stehenden Größen die Sinuse der Ablenkungswinkel nach Formel (1)

§. 5, so sind diese ein Maafs für den Magnetismus der Rolle. Werden diese Sinuse wie in den früheren Versuchen zu der Schwingungsdauer: $31''{,}89$ reducirt durch Multiplication mit $\frac{33,89^2}{33,125^2}$, so erhält man folgende zusammengehörende Werthe des Magnetismus (M) der Rolle, der Stromintensität (I) und des Verhältnisses $\frac{I}{M}$:

M	I	$\frac{I}{M}$
0,0017339	0,00092494	0,360416
0,0017585	0,00063438	0,360746
		0,360581

§. 21.

In §. 15 wurde $\frac{I}{K} = 10960,96$ gefunden. K war hier der Diamagnetismus beider Wismuthstäbe. Diese hatten zusammen ein Gewicht von 948 Grm. und waren fast ganz gleich schwer wie auch möglichst gleich in anderen Rücksichten. Bezeichnet man dann mit K' den Diamagnetismus des einen Stabes, so hat man:

$$\frac{I}{K'} = 21921,92.$$

Da K' und M in demselben Maafs ausgedrückt, und beide der Stromintensität proportional sind, so können die für $\frac{I}{M}$ und $\frac{I}{K'}$ gefundenen Werthe ohne weiteres verglichen werden, und man hat dann:

$$M : K' = \frac{21921,92}{0,360581}$$

oder:

$$K' = \frac{0,360581}{21921,92} \cdot M.$$

Das Verhältniß zwischen den magnetischen Momenten des Wismuthstabes und der Rolle ist also bekannt; kennt man das magnetische Moment der Rolle nach absolutem

Maafs, so hat man also auch die absolute Gröfse des magnetischen Moments des Stabes.

§. 22.

Das magnetische Moment einer Rolle, die eine Anzahl von n Windungen von einem mittleren Radius r enthält, wird für die Stromstärke I durch:

$$M = n \cdot \pi \cdot r^2 \cdot I$$

ausgedrückt. In diesem Fall war $n = 1343$, $r = 10,75^{\text{mm}}$, und setzt man I gleich 1, so erhält man die absolute Gröfse des magnetischen Moments der Rolle bei der Stromstärke 1 gleich 487576,7.

Bei der Stromstärke 1 ist also das magnetische Moment des Wismuthstabes gleich $\frac{0,360581}{21921,92} \cdot 487576,7$ oder gleich 8,019865.

Hieraus folgt weiter, dafs das magnetische Moment des Stabes bei einer Intensität I gleich $8,019865 \cdot I$ ist.

§. 23.

Nach Neumann ist das magnetische Moment eines Rotationsellipsoïdes, dessen Hauptaxe der Scheidungskraft parallel ist, für Eisen gleich:

$$\frac{k v X}{1 + 4 \pi k S'}$$

wo k die magnetische Constante d. h. das magnetische Moment für die Einheit des Volumens (v) und der Scheidungskraft (X), S' eine von dem Verhältnifs der Axen des Ellipsoïdes abhängige Gröfse bedeutet.

Will man diesen Ausdruck auch bei Wismuth anwenden, wo k jedenfalls sehr klein ist, so kann man ohne merklichen Fehler das zweite Glied des Nenners gleich Null setzen d. h. das magnetische Moment des Wismuths als von der Form unabhängig ansehen ¹⁾. Dann erhält man in unserem Fall:

1) W. Weber, Elektrodynamische Maafsbestimmungen, insbesondere über Diamagnetismus S. 556.

$$8,019865 = kvX,$$

oder, wenn man statt des Volumens die Masse (m) einführt und mit ϱ das specifische Gewicht des Wismuths bezeichnet:

$$8,019865 = \frac{k}{\varrho} \cdot m X.$$

X hängt in unserem Fall von den Dimensionen der Spiralen des diamagnetischen Apparates ab. Nach §. 1 ist die Spirale 501^{mm} lang und besteht aus 454 Windungen mit einem mittleren Radius gleich 15,1^{mm}. Da die Stromstärke hier gleich 1 gesetzt ist, so hat man nach §. 3, wenn man X gleich dem der Mitte der Spirale entsprechenden Maximumwerth setzt:

$$X = \frac{2\pi \cdot 454}{\sqrt{250,5^2 + 15,1^2}}.$$

Setzt man ferner nach §. 21 m in Milligrammen ausgedrückt gleich 474000, so erhält man:

$$\frac{k}{\varrho} = 0,0000014885.$$

Diese Gröfse ist also der der Einheit der Masse und der Scheidungskraft entsprechende Werth des magnetischen Moments des Wismuthstabes. Sie läfst sich unmittelbar mit der nach Gauss'schem Maafs ausgedrückten Gröfse des Erdmagnetismus vergleichen, ebenso mit dem von W. Weber gefundenen Gränzwertb des durch die Einheit der Kraft in der Masseneinheit des Eisens hervorgebrachten Magnetismus: 5,6074.

Diese letzte Vergleichung giebt den Eisenmagnetismus etwa 3,8 Millionen Mal gröfser als den Wismuthmagnetismus, oder den Wismuthmagnetismus 1,5 Mal kleiner als den von Weber gefundenen Werth desselben.

§. 24.

Es verdient bemerkt zu werden, dafs Wismuth sehr schwer von Eisen vollkommen befreit werden kann. Die hier benutzten Stäbe waren von Wismuth, der chemisch rein

dargestellt worden war, und nichts destoweniger gab eine Probe nicht nur mit Rhodankalium eine Reaction nach Eisen, sondern eine von Hrn. Schiellerup ausgeführte Analyse gab einen Eisengehalt von 0,064 Proc. Dieser Uebelstand, daß der Repräsentant der diamagnetischen Körper fast immer nur gemischt mit dem Repräsentant der magnetischen zur Untersuchung kommt, hat um so mehr zu bedeuten, als ein Eisengehalt, der weit weniger ist, als daß die chemische Analyse sie mit der hier nöthigen Schärfe angeben kann, schon hinreicht um die Resultate der Messungen bedeutend zu modificiren.

§. 25.

Nach der Theorie des Diamagnetismus ist bei einem Diamagnet der Magnetismus gleichförmig in seiner ganzen Länge entwickelt; ein Diamagnet verhält sich hiernach in seinen Wirkungen nach Aussen gerade so, als ob sein ganzer Magnetismus in den Endflächen concentrirt wäre, indem nur hier freier Magnetismus sich findet. Würden also die von Coulomb bei Magneten vorgenommenen Schwingungsversuche an einem Diamagnet wiederholt, so würde man nicht eine stetige Abnahme der Schwingungszeiten von der Mitte gegen die Enden finden, sondern eine constante von Erdmagnetismus und Nadelmagnetismus abhängige bis ganz nahe an die Enden des Diamagnets, wo eine plötzliche Abnahme stattfinden würde. Dieses setzt voraus, daß der Pol der schwingenden Nadel sich dicht an dem Diamagnet befinde.

Eine mehr entfernte, horizontal schwingende Nadel würde ferner nach dieser Vorstellungsweise vor der Mitte eines verticalen Diamagnets keine Ablenkung erleiden und fast gar keine in einer ziemlich großen Strecke auf beiden Seiten der Mitte; in der Nähe der Enden würden die Ablenkungen schnell zunehmen um erst ein Stück außerhalb der Enden ein Maximum zu erreichen; weiter von den Enden entfernt würden die Ablenkungen wieder abnehmen, aber langsam im Verhältniß zu der Zunahme innerhalb der Enden.

Um dieses Verhältnifs bei den angewandten Wismuthstäben zu controliren, wurden die Stäbe in neun verschiedene Stellungen verschoben; werden diese mit No. 1, 2 u. s. w. bezeichnet, so war die fünfte die oben stets angewendete, worin also das obere Ende des einen Stabs sich in derselben horizontalen Ebene wie das untere Ende des anderen befindet. In den Stellungen No. 6, 7, 8 und 9 haben die beiden Stäbe zum Theil diese Ebene überschritten, in den Stellungen No. 1, 2, 3 und 4 sind sie in der entgegengesetzten Richtung verschoben. Nennt man den Abstand der Stabenden von dieser Ebene X , und wird x in den Stellungen No. 1, 2, 3 und 4 als positiv, in den Stellungen No. 6, 7, 8 und 9 als negativ gerechnet, so lassen die neun Stellungen der Stäbe sich durch die in folgender Tafel enthaltenen Werthe von X näher bestimmen:

Stellung der Stäbe.	X	Ablenkung.
No. 1	+ 22,5 ^{mm}	10,44
» 2	+ 13,0	13,43
» 3	+ 8,3	15,175
» 4	+ 4,75	15,50
» 5	0	15,47
» 6	— 5,4	14,55
» 7	— 14,5	11,87
» 8	— 22,5	9,05
» 9	— 33,7	5,76
	— 70,5	0,00

Die dritte Columnne enthält die beobachteten Ablenkungen; der Vergleichung wegen ist die normale Stellung der Stäbe, in welcher die Ablenkung gleich Null ist, zugefügt.

Man sieht aus dieser Tafel, wie wenig die Wirkung sich ändert, wenn die Nadel in der Höhe der mittleren Theile der Stäbe sich befindet, wie schnell die Ablenkung zunimmt in der Nähe der Enden, wie das Maximum der Ablenkung erst auferhalb der Enden liegt, und wie langsam die Wirkung später abnimmt.

Ein Ausdruck für die Wirkung der Stäbe auf die Nadeln läßt sich, wenn l die Länge der Stäbe und $2a$ der Abstand beider Nadelaxen bedeutet, so darstellen:

$$\frac{1}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{(a^2 + (l + X)^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Durch Differentiation erhält man als Bedingung eines Maximums:

$$\frac{X}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{l + X}{(a^2 + (l + X)^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Man sieht leicht, daß hier X nicht gleich Null sein kann, sondern daß er entweder einen positiven Werth haben muß, oder einen negativen, dessen Zahlenwerth größer als l ist, das heißt, daß das Maximum der Wirkung, wie oben angegeben, außerhalb der Enden fällt.

IV. Ueber Elektrizitätserregung zwischen Metallen und erhitzten Salzen; von W. G. Hankel.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Berichten d. K. Sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften.)

Wenn auch bereits Schweigger sehr bald nach der Erfindung seines Multipliers auf die Idee kam, Salze im geschmolzenen Zustande anstatt ihrer Lösungen durch Wasser in der Volta'schen Kette zwischen zwei verschiedene Metalle einzuschalten, so wurde doch erst im Jahre 1837 Andrews in Belfast durch die von Faraday entdeckte hohe Leitungsfähigkeit einiger geschmolzenen Salze veranlaßt, Versuche darüber anzustellen, ob nicht nach Art der von Seebeck entdeckten thermo-elektrischen Ströme auch Elektrizitätserregungen entstehen, wenn zwei Metalle von gleicher chemischer Beschaffenheit, aber von ungleichen Temperaturen mit einem und demselben geschmolzenen Salze in Berührung gebracht

werden. Andrews fand, dafs unter den genannten Umständen ein Strom auftrat, dessen Richtung stets von dem heifseren Metalle durch die geschmolzene Salzmasse zu dem weniger heifsen ging. Dagegen wollte es ihm nicht gelingen das Gesetz für die Richtung des Stromes zu entdecken, wenn das Salz nur so weit erhitzt war, dafs es zwar die Elektrizität leitete, aber noch nicht schmolz.

Bei dem Interesse, das sich an die Kenntnifs dieser elektrischen Vorgänge knüpft, schien mir eine wiederholte Prüfung des Gegenstandes nothwendig, und die vorliegende Abhandlung, welche ich als die dritte in der Reihe meiner elektrischen Untersuchungen heute der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu übergeben die Ehre habe, enthält die Ergebnisse meiner an zahlreichen Salzen angestellten Untersuchungen über die Entstehung von elektrischen Strömen unter den erwähnten Bedingungen.

Die Abhandlung zerfällt wesentlich in zwei Theile, deren erster die aus den beobachteten Thatfachen folgenden allgemeinen Resultate umfaßt, während der zweite eine gedrängte Zusammenstellung dieser Thatfachen selbst gewissermaßen als Beleg für den ersten Theil enthält.

Ich will hier zunächst des Verständnisses wegen das Verfahren, dessen ich mich bei meinen Untersuchungen bedient habe, andeuten und dann in der Kürze die dadurch gewonnenen allgemeinen Resultate zusammenfassen.

In einem nicht grofsen Platintiegel, der in einem Platinflechte stand, wurde das Salz, welches der Prüfung unterworfen werden sollte, über der blofsen oder der nöthigenfalls durch ein Gebläse verstärkten Flamme einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge geschmolzen, und von obenher ein isolirter Platin-, Gold- oder Silberdraht bis zu gewünschter Tiefe in die Salzmasse eingetaucht. Sollten elektrische Ströme beobachtet werden, so stand der Tiegel durch das Platinflecht mit dem einen, und der in die Salzmasse eingetauchte Platindraht mit dem andern Enddrahte eines Multipliers in Verbindung; sollte dagegen die freie elek-

trische Spannung gemessen werden, so ward entweder der Tiegel (nach Isolirung des ihn tragenden Stativs) oder der innere Draht mit dem Goldblättchen des von mir im ersten Theile meiner elektrischen Untersuchungen (Abhdl. d. Königl. Ges. Bd. V) mit A bezeichneten Elektrometers oder der einen Platte eines Condensators verbunden, während respective der Draht oder der Tiegel zur Erde abgeleitet war. Der Kürze wegen will ich einen vom Tiegel durch die Salzmasse zum Drahte gehenden Strom einen aufsteigenden, dagegen einen in umgekehrter Richtung fließenden einen absteigenden nennen.

Ist nach dem Eintauchen des Drahtes in die geschmolzene Salzmasse der Tiegel erkaltet, und wird dann von Neuem erhitzt, so entsteht beim Beginn des Erhitzens in dem noch festen Salze, wofern dasselbe überhaupt leitet, ein aufsteigender Strom; er geht also vom heißeren Metalle durch die Salzmasse zu dem weniger heißen.

Beginnt dann das Salz an den Wänden des Tiegels zu schmelzen, so wird dadurch eine Ursache zu einem absteigenden Strome geschaffen; gleichzeitig besitzt aber der Tiegel gewöhnlich eine höhere Temperatur als der noch in der festen Masse stehende Draht. In welchem Sinne nun infolge der zwei in gerade entgegengesetzter Richtung wirkenden Erregungen die Nadel des Galvanometers abgelenkt wird, ob sie im Sinne eines aufsteigenden, oder eines absteigenden Stromes aufschlägt, hängt von den relativen Größen jener beiden Erregungen ab; in vielen Fällen läßt sich nicht nur die Stärke, sondern selbst auch die Richtung des Ausschlags durch Aenderung des Verhältnisses jener Größen beliebig abändern.

Nach Vollendung des Schmelzens entsteht wieder (jedoch mit Ausnahme des schwefelsauren Kupferoxydkalis) ein aufsteigender Strom, wie ihn die Temperaturdifferenz erwarten läßt.

Nach dem Auslöschen der Lampe wird vor dem Beginn des Erstarrens das Verhältniß der Temperaturen sich umge-

kehrt als beim Erhitzen gestalten, und infolge dessen ein absteigender Strom eintreten (mit Ausnahme des schwefelsauren Kupferoxydkalis, sowie des salpetersauren Kalis und Natrons, bei denen ein absteigender Strom erscheint).

Das Erstarren, wobei die Tiegelwand von fester, der innere Draht dagegen von flüssiger Masse umgeben ist, wird umgekehrt wie zuvor das Schmelzen, Ursache zu einem aufsteigenden Strome; ob derselbe aber die Nadel überhaupt in seinem Sinne abzulenken vermag, und in welcher Stärke, hängt wieder von den relativen Größen der durch die Temperaturdifferenz einerseits, und durch die Berührung verschiedener Aggregatzustände andererseits erzeugten elektrischen Erregungen ab.

Nach dem Erstarren zeigt sich im Allgemeinen, wofern überhaupt noch Leitung in der Salzmasse vorhanden ist, infolge der Temperaturdifferenz ein absteigender Strom; vielleicht ist der ausnahmweise beim salpetersauren Kali zu Ende des Erkaltens beobachtete schwache aufsteigende Strom nur eine Folge der Verschiedenheit zwischen dem Platin des Tiegels und des Drahtes gewesen.

Ein aus gleichen Aequivalenten kohlensauren Kalis und Natrons bestehendes Gemisch bildet nach dem Erstarren erst eine grauliche, opalartig aussehende Masse, die sich nach einiger Zeit in weißes, krystallinisches Salz verwandelt; dieser Uebergang des einen Zustandes in den andern scheint ebenfalls mit einer besondern Elektricitäts-erregung, und zwar im Sinne eines aufsteigenden Stromes verbunden zu sein. In gleicher Weise giebt beim Erhitzen die umgekehrte Verwandlung zu einem umgekehrt (also absteigend) gerichteten Strome Veranlassung.

Beim kohlensauren Natron und beim phosphorsauren Natron wird ganz zu Ende des Erkaltens, nachdem lange Zeit ein absteigender Strom beobachtet worden, noch ein schwacher aufsteigender Strom wahrgenommen, der möglicher Weise seine Entstehung nur einer Polarisirung durch den vorhergehenden absteigenden Strom verdankt. Von der

Möglichkeit einer solchen Polarisation habe ich mich durch specielle Versuche überzeugt.

Wenn sich geschmolzene Salze, wie z. B. borsaures Natron nach dem Erstarren in einem Zeitpunkte, wo die Salzmasse überhaupt noch leitet, von der Tiegelwand ablösen, so entsteht ein absteigender Strom. Geschieht das Ablösen auf ein Mal, so ist dieser elektrische Strom stark, aber nur momentan; erfolgt dasselbe dagegen allmählich, so hält der Strom während desselben, aber in geringerer Stärke an.

Wenn in der eben angegebenen Weise von der Tiegelwand abgelöster Borax sofort wieder erhitzt wird, so ist auch das Anlegen der Masse an den Tiegel mit der Entstehung eines Stromes, und zwar ebenfalls eines absteigenden verbunden. Die Ursache dieses Stromes liegt sehr wahrscheinlich in der plötzlichen Abkühlung des stark erhitzten Platins durch die Berührung mit der kälteren Salzmasse, indem ähnliche Ströme entstehen, wenn an der Wand des Tiegels in der geschmolzenen zähen Boraxmasse eine etwas grofse Luftblase aufsteigt und zerplatzt.

V. *Ueber einige zur Elektrolyse gehörende Erscheinungen; von G. Osann.*

1. Ich habe in den Verhandlungen der hiesigen physikalisch-medicinischen Gesellschaft (Bd. II, S. 211) einen Versuch beschrieben, den mir die neuerdings veröffentlichten Untersuchungen über Elektrolyse wieder ins Gedächtnis gerufen haben. Läßt man den Strom einer Säule durch zwei gleiche mit Wasser gefüllte Voltameter gehen, so kann man ihn leicht so mäfsigen, entweder durch eingeschaltete Leitungswiderstände oder durch Verdünnung der zwischen den Platten befindlichen Flüssigkeit, dafs keine Gasentwicklung

an den Elektroden wahrzunehmen ist. Gießt man nun in das eine etwas Schwefelsäure, so erfolgt in beiden Zersetzung des Wassers und Gasentwicklung; allein die Entwicklung des Knallgases ist in dem Voltameter, in welches Schwefelsäure gegossen wurde, bei Weitem stärker als in dem, welches nur Wasser enthält. Im ersteren hatten sich bereits 5 CC. Knallgas angesammelt, während im letzteren die aufsteigenden Bläschen sich ungefähr zu $\frac{1}{10}$ CC. vereinigt hatten. Hier springt offenbar in die Augen, daß die Zersetzung im Verhältniß des größeren und geringeren Leitungswiderstandes erfolgt, welche die beiden Flüssigkeiten dem Strom entgegensetzen. Diese Thatsache scheint nicht wohl mit dem elektrolytischen Gesetze übereinzustimmen. Allein ich glaube auch annehmen zu müssen, daß dies nur gültig ist, wenn die Elektrolyte gleiche Lösungsmittel haben, also entweder sämmtlich in Wärme gelöst, d. h. geschmolzen sind oder in Wasser gelöst sind. Hier ist das Verhältniß ein anderes. In beiden Voltametern ist Wasser, aber in dem einen ist noch ein Körper hinzugetreten, welcher die Leitungsfähigkeit desselben erhöht und hiedurch ist bewirkt, daß dieselbe Menge Elektrizität einen geringeren Widerstand findet und daher eine größere Wirkung hervorbringen kann. — Für die Richtigkeit des elektrolytischen Gesetzes läßt sich übrigens folgender theoretischer Grund aufstellen. Faraday hat bekanntlich gefunden, daß der Verlust, den eine Zinkplatte in der Säule während des Geschlossenseyns erleidet, sich verhält zu dem im Voltameter erhaltenen Knallgas, wie ein Aequivalent Zink zu einem Aequivalent Wasser. Dasselbe gilt auch für andere Metalle, d. h. eine Platte Kupfer würde ein Aequivalent Kupfer gegen ein Aequivalent Wasser, als Knallgas im Voltameter, verlieren. Die einfachste Auffassungsweise, welcher man hier Raum geben kann, ist offenbar die, daß bei der Auflösung von einem Aequivalent Zink gerade so viel Elektrizität frei wird, als nöthig ist, um ein Aequivalent Wasser zu zersetzen. Und da dieser Satz ganz allgemein gilt, so kann angenom-

men werden, daß die Körper bei den Mengen, welche ihre Aequivalentzahlen angeben, gleiche Menge Elektrizität enthalten. Hiermit stimmt im Allgemeinen die Erfahrung überein, daß die Körper um so energischer wirken, je kleiner ihre Aequivalentzahlen sind.

Dies vorausgesetzt, ist nun leicht zu begreifen, warum dieselbe Menge Elektrizität als Strom nur immer gleiche Aequivalente der in dem Lösungsmittel enthaltenen Elektrolyte zersetzt. Die Elektrizität pflanzt sich durch Vertheilung von einem Aequivalent zum anderen fort. Die positive Elektrizität, welche bei Zersetzung des einen Aequivalentes frei wird, beträgt gerade so viel, wie die, welche nöthig war, um in diesem die indifferente Elektrizität in negative und positive zu zersetzen. Der zweite Elektrolyt wird daher durch die positive Elektrizität des ersten zerlegt, der dritte durch die positive Elektrizität des zweiten Elektrolyts u. s. w. Haben nun die Aequivalente gleiche Mengen Elektrizität, so können auch immer nur gleiche Aequivalente zerlegt werden.

2. Ich habe schon in meiner Schrift (die Anwendung des elektrischen Stromes als Aetzmittel, Würzburg 1842, S. 23, Z. 7) die Thatsache erwähnt, daß bei Anwendung von Platten desselben Metalles als Elektroden, welches sich in dem Elektrolyte aufgelöst befindet, während des Stroms sich an der positiven Elektrode eine schwere Flüssigkeit herabsenkt. Man kann diesen Versuch sehr gut anstellen mit zwei Platten von Zinn, welche sich als Elektroden in einer Zinnchlorürlösung befinden. Sie müssen so darin aufgestellt seyn, daß sie etwa einen Zoll vom Boden abstehen und vertical und parallel einander gegenüber sich befinden. Man befestigt sie am Besten in einem Brettchen, welches zwei Einschnitte hat. Wird nun der Strom hindurchgeleitet, so fließt an der positiven Elektrode eine schwere Flüssigkeit herab; an der negativen setzen sich Nadeln von Zinn an, zwischen welchen eine leichte Flüssigkeit hinaufsteigt. Der Grund hiervon ist sehr einfach. Das Zinn-

chlortür in Wasser gelöst, läßt sich als salzsaures Zinnoxydul betrachten. Wird nun durch den Strom Wasser zersetzt, so reducirt der Wasserstoff an der negativen Elektrode das Zinnoxydul und scheidet Zinn aus, die hierdurch frei gewordene Salzsäure ist leichter, als die sie umgebende Flüssigkeit und wird daher in die Höhe steigen. An der positiven entzieht der Sauerstoff der Salzsäure den Wasserstoff, wodurch Chlor frei werden muß. Dieses ausgeschiedene Chlor verbindet sich mit dem Zinn der positiven Elektrode. Die hierdurch entstandene Verbindung ist im ersten Moment wasserfrei. Sie löst sich allmählich in Wasser auf, muß aber verschiedene Stadien der Concentration hindurchgehen bis sie die Verdünnung der Zinnchlorürlösung hat. Während dem ist sie schwerer als diese und senkt sich daher in der Chlorürlösung herab.

Zu dieser Thatsache muß ich noch eine neue Erfahrung hinzufügen, welche ich außer an der eben angeführten Flüssigkeit auch noch an Eisenchlorürlösung mit Eisenplatten als Elektroden und in Kupfervitriollösung mit Kupferplatten beobachtet habe. Ich bediente mich bei diesen Versuchen meiner Kohlenbatterie in den Dimensionen und mit den Flüssigkeiten, wie ich sie in meiner Schrift (die Kohlenbatterie in verbesserter Form, S. 19, Erlangen bei Enke 1857) beschrieben habe. — Ich bemerke zuvörderst noch, daß man das Herabsinken der Flüssigkeit an der einen Elektrode und das Aufsteigen an der andern am besten wahrnimmt, wenn man ein brennendes Licht hinter die Flüssigkeit stellt. — Hat man den Strom einige Minuten durch die Flüssigkeit gehen lassen, und unterbricht man jetzt denselben, so bemerkt man, daß noch eine ganz geraume Zeit nachher die Zersetzung fortgeht. — Der Grund hiervon scheint mir eines Theils in einer elektrischen Ladung gegeben zu seyn, welche die Elektroden während des Geschlossenseyns der Säule angenommen haben und vermöge welcher sie mehr Elektricität aufgenommen haben, als sie während der Schließung an die Flüssigkeit abtreten können.

Andererseits scheint während der Zersetzung mehr Salzsäure ausgeschieden worden zu seyn, als während des Geschlossenseyns der Säule verwendet werden kann, um Zinn aufzulösen.

Würzburg den 21. December 1857.

VI. *Ueber die Art, Klangfiguren hervorzubringen, und Bemerkungen über die longitudinalen Schwingungen; von P. van der Burg,*

Lehrer am Gymnasium zu Nimwegen.

Diejenigen, welche sich mit der Hervorbringung der Klangfiguren beschäftigten, haben bemerken müssen, dafs es nicht immer leicht ist, diese correct und in beliebiger Form hervortreten zu lassen. Es gehört wirklich einige Gewandtheit dazu, um den gewünschten Erfolg zu haben. Will man ziemlich complicirte Figuren bilden, so ist die Zusammenwirkung zweier, ja bisweilen dreier Personen erforderlich, die an verschiedenen Stellen die Fingerspitzen auf oder an die Platte bringen müssen. Vorzüglich ereignet sich dieß, wenn man concentrische Ringe hervorbringen will auf einer Platte, die in der Mitte auf einem festen Fufse befestigt ist. In den meisten Fällen gelingt es unter diesen Umständen durchaus nicht; und man hat daher zur Erzeugung solcher Ringe vorgeschlagen, in der Mitte einer runden Glas- oder Metallscheibe ein Loch zu machen, durch welches man sie mit dem Fiedelbogen anstreicht, oder in diesem Loch einen Holz- oder Glasstab zu befestigen, und den Stab sodann mit Harz (Colophonium) oder mit einem nassen Tuche zu streichen. Außerdem ist es beim Gebrauche des festen Fufses in den meisten Fällen nothwendig, den Bogen öfters längs dem Rande der Platte zu bewegen, um die Figuren correct zu erhalten.

Ich bin so glücklich gewesen, beim Gebrauche der auf festem Fusse befestigten Platten, sehr einfach und ohne Hülfe einer zweiten Person, concentrische Kreise zu erhalten und die Klangfiguren unmittelbar mit dem Ton hervortreten zu lassen, mit einer Deutlichkeit, die vielleicht nicht bekannt war: wobei sie überdiess eine Form annehmen, die man nach der ersten Probe unfehlbar wieder hervorbringen kann.

Man stellt nämlich einen Stab senkrecht auf eine Klangscheibe, faßt ihn in der Mitte mit der vollen linken Hand fest an, drückt ihn ziemlich stark auf die Scheibe, und streicht den oberen Theil von oben nach unten mit der vollen rechten Hand mittels eines Tuches, das mit pulverisirtem Harz bestreut ist; sobald ein reiner Ton entsteht, tritt sogleich die Figur sehr correct hervor. Um dem Umfallen der Scheibe zuvorzukommen, welches leicht durch den Druck ausser dem Centrum geschehen könnte, stellt man den Fuß auf die breite Basis des Gestells.

Die Scheiben, die ich benutze, sind quadratisch, kreisförmig, elliptisch und dreieckig. Die beiden ersten sind von Messing, die andern von Eisen: sie haben eine Dicke von etwa 2 Millimetern. Die Seite des Quadrats ist 31 Decimeter, der Durchmesser des Kreises 34,1 Decim., die große Axe der Ellipse 35 Decim., die kleine Axe 23 Decim., die Seite des regelmäßigen Dreiecks 50 Decim. — Alle sind mittels einer Schraube auf einem hölzernen Fußgestelle befestigt, und haben eine möglichst kleine tragende Oberfläche. — Die vier Stäbe, die ich habe machen lassen, sind von Tannenholz;

der Stab *A* hat eine Länge von 2 Meter, und einen Durchmesser von 13 Millim.

der Stab *B* hat eine Länge von 1,86 Meter, und einen Durchmesser von 15 Millim.

der Stab *C* hat eine Länge von 1,7 Meter, und einen Durchmesser von 9 Millim.

der Stab *D* hat eine Länge von 1,54 Meter, und einen Durchmesser von 9 Millim.

Wenn man den Stab auf die obenerwähnte Art senkrecht auf die Scheibe stellt, und ihn einen Ton hervorbringen läßt, so werden seine Longitudinalschwingungen in Transversalschwingungen der Scheibe umgesetzt, und zugleich wird die Octave des Grundtones des Stabes tiefer oder höher. Die Stelle, wo man den Stab auf die Scheibe setzt, bestimmt vorzüglich den Ton. Die Differenz in der Tonhöhe beträgt für denselben Stab nicht viel mehr als 1 bis $1\frac{1}{2}$ Ton. Hieraus ergiebt sich, daß man für jeden andern Ton die Länge der Stäbe nicht zu ändern braucht; und es ist bemerkenswerth, daß man bei der Versetzung des Stabes oft den nämlichen Ton behält, aber die Figur gänzlich ihre Gestalt ändern sieht. Um den Grundton aus der Scheibe zu erhalten, oder die Kreuzfigur entstehen zu lassen, möchte wohl immer der Fiedelbogen unentbehrlich bleiben.

Sehr merkwürdig ist ferner die wechselseitige Umsetzung der Transversalschwingungen der Scheibe in Longitudinalschwingungen des Stabes. Hat man nämlich die Scheibe und den Stab einen Ton geben lassen, und hört dann plötzlich mit dem Reiben auf, indem man den Stab stets stark auf die Scheibe drücken läßt, so haltt der Ton im Stabe einen Augenblick nach, und man spürt am oberen Ende, durch die eigene, rotirende Bewegung in der Hand, daß er von neuem longitudinal vibriert.

Wenn ich den Stab *B* oder *D* einige Decimeter vom Centrum der kreisförmigen Scheibe stelle, so entstehen drei concentrische Kreise. Sind diese an einigen Stellen nicht völlig correct, so kann man sie durch die Versetzung des Stabes vervollkommen. Man kann für denselben Ton die Knotenlinien fortwährend sich verrücken lassen, und es ist in der That überraschend, wie bei dieser Verrückung der Sand sich in *einer* Masse aufhebt, und sich augenblicklich an andere Knotenlinien setzt. Streut man zwischen den Sand Bärlappsamen (*semen lycopodii*), so setzt auch dieser sich bei einem einzigen Strich unverzüglich auf die Bäuche der Scheibe. Eine Verrückung des *Lycopodiums* für denselben Stand des Stabes, habe ich nicht erhalten können.

Die kreisförmigen und elliptischen Platten sind geschickt, um alle vier erwähnte Stäbe darauf anzuwenden. Für die quadratischen sind *A* und *B* am meisten geeignet, und für die dreieckigen *A*, *B* und *C*.

Die Longitudinalschwingungen sehr dünner Stäbe lassen sich, nicht ohne viel Mühe, in der Platte zu Transversalschwingungen umsetzen. Mit Glasröhren von 1,5 Meter gelingt es durchaus nicht: sie geben auf der Platte keinen Ton. Man müßte vielleicht kleinere und dünnere Platten dafür anwenden, oder längere Glasstäbe.

Wenn man eine Membran von dünnem Papier auf einen quadratischen Holzrahmen spannt, denselben mittels einer Schraube horizontal befestigt, und den Stab, wie auf der Platte, senkrecht auf dem Rande stehend, erklingen läßt, so entstehen auch abwechselnde Klangfiguren auf dieser Fläche.

Nachfolgende Beobachtung möchte in unmittelbarer Beziehung zu dem Obigen stehen. Der hiesige Instrumentenmacher van Dreeren hat ein Holzstäbchen-Instrument gefertigt, ungefähr dem in *Ganot's Traité élémentaire de Physique*, S. 199 abgebildeten des Hrn. Marloye entsprechend. Es umfaßt zwei Octaven, und ist in so weit vervollkommen, daß man durch Veränderung der Länge des vibrirenden Theils der Stäbe, diese stimmen kann: da es sich gezeigt hat, daß der Ton bei Verschiedenheit des Feuchtigkeitszustandes des Holzes sich auch verändert. Außerdem hat der Verfertiger einen Resonanzboden damit verbunden. Bei der Zusammensetzung dieses Instrumentes ist mir vorgekommen: daß, obgleich die Längen der Stäbe sich zu den Tönen verhalten wie die der Saiten und Orgelpfeifen, es dennoch unmöglich ist, die Unregelmäßigkeit in den Längen zu vermeiden: eine Folge der ungleichmäßigen Elasticität des Holzes.

Ich benutze diese Gelegenheit, um diejenigen, welche den Versuch anstellen wollen, den *Daguin* in seinem vortrefflichen, sehr gewissenhaft verfaßten Werke; *Traité élémentaire de Physique*, S. 583, das Sichtbarmachen der Longitudinalschwingungen betreffend, anführt, den Gebrauch

eines Stabes anzurathen, der wenigstens 5,6 Meter Länge und etwas mehr als 2 Decimeter Durchmesser hat. Benutzt man bei diesem Versuch gefärbtes Wasser, und läßt dasselbe auf ein Blatt weißes Papier spritzen, so kann man die Existenz und Stärke der Longitudinalschwingungen einem großen Auditorium sichtbar machen. Der eben erwähnte Stab ist auch sehr brauchbar bei den Klangscheiben. Hat der Stab einige Augenblicke mit einem Ende im Wasser gestanden, ist er in der Mitte fest geklemmt, und streicht man das obere Ende an, so wird das Wasser mit solch einer Kraft aus dem Stab getrieben, daß er, wenn man ihn, beim Vibriren, an der Unterfläche mit den Fingern berührt, die Empfindung giebt, als wäre er mit einer Eisrinde bedeckt.

Noch habe ich zu berichten, daß alle Leuchtgas-Klangversuche von Schaffgotsch, bei Anwendung des neulich von ihm in diesen Annalen beschriebenen Instruments, mir sehr gut gelungen sind. Die Gasflamme giebt Ton, hört auf zu singen, und wird ausgelöscht, wenn man will. Der porzellane Gasbrenner wird nach Belieben, ohne daß es je mißlingt, angezündet. Bei allen diesen Versuchen habe ich nur Röhren von 1 Millimeter Oeffnung angewendet. Indessen ist der Erwähnung werth, daß die größere oder kleinere Anzahl von Menschen im Saale, wo man die Versuche anstellt, einen sehr beträchtlichen Einfluß ausübt auf die Entfernung, in welcher durch die Stimme oder durch eine Posaune der geforderte Ton hervorgebracht wird.

VII. *Zur Ermittlung der Constanten der transversalen Schwingungen elastischer Stäbe;
von Victor von Lang in Wien.*

Die Differentialgleichung, welche die transversalen Schwingungen eines elastischen Stabes giebt, hat bekanntlich folgende Form:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = a^2 \frac{d^3 y}{dx^3}. \quad (1)$$

Unter Voraussetzung eines periodischen Schwingungszustandes giebt diese Gleichung integrirt:

$$y = S[(G \cos ab^2 t + H \sin ab^2 t) X] = S[G \cos ab^2 t + H \sin ab^2 t](B_1 e^{bx} + B_2 e^{-bx} + B_3 \cos bx + B_4 \sin bx) \quad (2)$$

wobei sich das Summenzeichen auf die verschiedenen dem S entsprechenden Werthe und auf die daraus folgenden verschiedenen Werthe der Constanten G, H, B_1, B_2, B_3, B_4 erstreckt. Die Constanten B bestimmen sich aus den Bedingungen, denen die beiden Enden des Stabes unterworfen sind. Werden dieselben gänzlich frei gelassen, so hat man, wenn l die Länge des Stabes bedeutet, für $x=0$ und $x=l$ die Bedingungsgleichung:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{d^3 y}{dx^3} = 0.$$

Der Werth von y leistet aber diesen Gleichungen Genüge, wenn jedes einzelne Glied der Summe Genüge leistet. Dadurch erhält man die Gleichungen:

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{-e^{-bl} + \cos bl - \sin bl}{e^{bl} - \cos bl - \sin bl} = \frac{-e^{-bl} + \cos bl - \sin bl}{-e^{-bl} + \cos bl + \sin bl}$$

$$B_3 = B_1 + B_2, \quad B_4 = B_1 - B_2.$$

Diese Gleichungen, die zur Bestimmung der B nicht hinreichen, geben folgende Bedingungsgleichung für b :

$$(e^{bl} + e^{-bl}) \cos bl - 2 = 0. \quad (3)$$

Unbeschadet der Allgemeinheit, da die Constanten G und H noch unbestimmt gelassen sind, kann man aber setzen:

$$\left. \begin{aligned} B_1 &= e^{-bl} + \cos bl - \sin bl \\ B_2 &= e^{bl} - \cos bl - \sin bl \\ B_3 &= B_1 + B_2 = e^{bl} + e^{-bl} - 2 \sin bl \\ B_4 &= B_1 - B_2 = -e^{bl} + e^{-bl} + 2 \cos bl \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Die Constanten G und H aber werden bestimmt durch die Bedingungen für den Zustand des Stabes beim Beginn der Bewegung. Es seyen also ursprünglich die einzelnen Theilchen des Stabes aus ihrer Ruhelage entfernt und ihnen

eine gewisse Anfangsgeschwindigkeit ertheilt worden, das heißt für $t=0$ sey:

$$y = f(x); \quad \frac{dy}{dt} = F(x).$$

Die Substitution des Werthes von y in dieser Gleichung giebt nun:

$$f(x) = G_1 X_1 + G_2 X_2 + \dots + G_r X_r + \dots$$

$$F(x) = a b_1^2 H_1 X_1 + a b_2^2 G_2 X_2 + \dots + a b_r^2 H_r X_r + \dots$$

Multiplicirt man beide Theile dieser Gleichungen mit $X_r dx$ und integrirt hierauf zwischen den Gränzen 0 und l , so erhält man, da alle Integrale von der Form $\int_0^l X_r X_s dx$ verschwinden, sobald r und s verschieden sind, die Werthe der G und H aus folgenden Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} G_r &= \frac{\int_0^l X_r f(x) dx}{\int_0^l X_r^2 dx} \\ H_r &= \frac{\int_0^l X_r F(x) dx}{a b_r^2 \int_0^l X_r^2 dx} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Dafs nun wirklich $\int_0^l X_r X_s dx = 0$ ist, wird von Poisson nachgewiesen; man kann es aber auf folgendem Wege auch direct zeigen.

Es sey

$$X_r = B_1 e^{bx} + B_2 e^{-bx} + B_3 \cos bx + B_4 \sin bx$$

$$X_s = C_1 e^{cx} + C_2 e^{-cx} + C_3 \cos cx + C_4 \sin cx,$$

wo b und c durch die Gleichungen (3) und die B und C durch die Gleichungen (4) gegeben sind. Sucht man nun zuerst das allgemeine Integral $\int X_r X_s dx$, so erhält man durch viermalige Anwendung der Integration *per partes* nachstehende Gleichungen, wobei die Factoren unter einander gesetzt sind und die Constanten einstweilen weggelassen wurden, da sie sich durch das Integriren nicht ändern.

$$\begin{aligned}
\int \frac{(e^{bx} + e^{-bx} + \cos bx + \sin bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} + \cos cx + \sin cx)} dx &= \frac{1}{c} \frac{(e^{bx} + e^{-bx} + \cos bx + \sin bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} + \sin cx + \cos cx)} \\
&\quad - \frac{b}{c} \int \frac{(e^{bx} + e^{-bx} - \sin bx + \cos bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} + \sin cx + \cos cx)} dx \\
&\quad - \frac{b}{c} \int \frac{(e^{bx} + e^{-bx} - \sin bx + \cos bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} + \sin cx + \cos cx)} dx \\
&= -\frac{b}{c^2} \frac{(e^{bx} + e^{-bx} - \sin bx + \cos bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} - \cos cx - \sin cx)} dx \\
&\quad + \frac{b^2}{c^2} \int \frac{(e^{bx} + e^{-bx} - \cos bx + \sin bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} - \cos cx - \sin cx)} dx \\
\frac{b^2}{c^2} \int \frac{(e^{bx} + e^{-bx} - \cos bx - \sin bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} - \cos cx - \sin cx)} dx &= \frac{b^2}{c^3} \frac{(e^{bx} + e^{-bx} - \cos bx - \sin bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} - \sin cx + \cos cx)} \\
&\quad - \frac{b^3}{c^3} \int \frac{(e^{bx} + e^{-bx} + \sin bx - \cos bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} + \sin cx + \cos cx)} dx \\
&\quad - \frac{b^3}{c^3} \int \frac{(e^{bx} + e^{-bx} + \sin bx - \cos bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} - \sin cx + \cos cx)} dx \\
&= -\frac{b^3}{c^3} \frac{(e^{bx} + e^{-bx} + \sin bx - \cos bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} + \cos cx + \sin cx)} \\
&\quad - \frac{b^4}{c^4} \int \frac{(e^{bx} + e^{-bx} + \cos bx + \sin bx)}{(e^{cx} + e^{-cx} + \cos cx + \sin cx)} dx.
\end{aligned}$$

Nach viermaliger partieller Integration gelangt man also wieder zum ursprünglichen Integral zurück. Die Addition dieser vier Gleichungen giebt, wenn man die Constanten wieder hinzufügt.

$$\begin{aligned}
\int X, X, dx &= \frac{1}{c^4 - b^4} [c^3 (B_1 e^{bx} + B_2 e^{-bx} + B_3 \cos bx \\
&\quad + B_4 \sin bx) (C_1 e^{cx} - C_2 e^{-cx} + C_3 \sin cx - C_4 \cos cx) \\
&\quad - c^2 b (B_1 e^{bx} - B_2 e^{-bx} - B_3 \sin bx + B_4 \cos bx) (C_1 e^{cx} \\
&\quad + C_2 e^{-cx} - C_3 \cos cx - C_4 \sin cx) + c b^2 (B_1 e^{bx} \\
&\quad + B_2 e^{-bx} - B_3 \cos bx - B_4 \sin bx) (C_1 e^{cx} - C_2 e^{-cx} \\
&\quad - C_3 \sin cx + C_4 \cos cx) - b^3 (B_1 e^{bx} - B_2 e^{-bx} + B_3 \sin bx \\
&\quad - B_4 \cos bx) (C_1 e^{cx} + C_2 e^{-cx} + C_3 \cos cx + C_4 \sin cx)].
\end{aligned}$$

Setzt man in dieser Gleichung $x=0$, so nimmt der zweite Theil folgende Form an:

$$\begin{aligned}
\frac{1}{c^4 - b^4} c^3 (B_1 + B_2 + B_3) (C_1 - C_2 - C_4) - c^2 b (B_1 - B_2 \\
+ B_4) (C_1 + C_2 - C_3) + c b^2 (B_1 + B_2 - B_3) (C_1 - C_2 \\
+ C_4) - b^3 (B_1 - B_2 - B_4) (C_1 + C_2 + C_3)].
\end{aligned}$$

Zufolge den Gleichungen (4) sind aber die Ausdrücke:

$$C_1 - C_2 - C_4 = C_1 + C_2 - C_3 = B_1 + B_2 - B_3 \\ = B_1 - B_2 - B_4 = 0,$$

daher das Substitutionsresultat für $z=0$ selber der Null gleich ist. Setzt man $x=l$ in die Gleichung, so verschwinden ebenfalls dieselben Glieder, denn man hat mit Berücksichtigung der Gleichung (3)

$$B_1 e^{b'l} - B_2 e^{-b'l} + B_3 \sin bl - B_4 \cos bl = 2(e^{b'l} \\ + e^{-b'l}) \cos bl - 4 = 0,$$

und ebenso nach einfacher Reduction

$$B_1 e^{b'l} + B_2 e^{-b'l} - B_3 \cos bl - B_4 \sin bl = 0.$$

Auf gleiche Weise verschwinden die entsprechenden Factoren in C . Nachdem also auch das Integral für $x=l$ der Null gleich wird, kann man setzen:

$$\int_0^l X, X, dx = 0. \quad (7)$$

Nur in dem Falle, daß $r=s$, also auch $b=c$ ist, kann das Integral einen bestimmten Werth annehmen, da in diesem Falle der Divisor $c^4 - b^4$ ebenfalls verschwindet und das Integral also in der unbestimmten Form $\frac{0}{0}$ auftritt.

VIII. Ueber eine Pseudomorphose von amorphem Quarz nach Coelestin; von R. Blum und L. Carius.

In der rheinischen Mineralien-Niederlage des Hrn. Dr. Krantz in Bonn fand sich eine Stufe von Girgenti in Sicilien, die Krystalle zeigte, welche man sogleich als Formen des Coelestins erkennen mußte, da sie die an diesem Fundorte so gewöhnlich vorkommende Gestalt $\alpha P. \alpha \bar{P} \infty. \bar{P} \infty. \bar{P} \infty$ zeigen; allein da diese Krystalle auf ihrer Ober-

fläche ganz rauh und uneben, und im Innern mehr oder weniger hohl sind, so stellen sie sich auch sogleich als Pseudomorphosen dar, und zwar, wie wir nachher zeigen werden, als Pseudomorphosen von amorpher Kieselsäure nach Coelestin. Dieselben sind weiß, matt, durchscheinend, lang säulenförmig durch Vorhergehen von ∞P und $\infty \check{P} \infty$, an einander gewachsen und zu Drusen verbunden, seltner einzeln aufgewachsen. Im Innern sind sie zum Theil hohl, meist jedoch von zelliger Beschaffenheit. Die meisten dieser Pseudomorphosen sind im Innern mehr oder weniger mit Schwefel erfüllt, der sich hier und da wohl auch in Krystallen findet, und zwar dann in der hier häufig vorkommenden Gestalt $P. \frac{1}{3} P. 0 P. \check{P} \infty$; seine Gegenwart im Innern giebt sich bei den Pseudomorphosen, welche noch ganz sind, durch die gelbe Farbe zu erkennen, die durch die Rinde derselben hindurch schimmert.

Diese Pseudomorphosen sitzen meistens auf Schwefel, einzelne nur auf einer dünnen Rinde, welche aus Gyps und Kalkspath besteht, während ein Theil der Stufe auch noch mit einer dünnen Rinde derselben weißen Substanz überzogen ist, aus der die Pseudomorphosen selbst bestehen.

Um einen Schlufs auf Entstehungsweise der Pseudomorphosen machen zu können, war natürlich eine sorgfältige Prüfung der weißen umhüllenden Substanz durchaus nöthig, um so ihre Natur aufser Zweifel zu stellen. Wir untersuchten daher die erwähnten Hüllen zunächst mit Hülfe der Lupe und des Mikroskops, und fanden dieselben aus einer homogenen, mit maulbeerförmigen Erhöhungen übersäeten Masse bestehend. Dieselbe Beschaffenheit zeigten auch die im Innern vieler der Pseudomorphosen vorhandenen Zellen, während die Hüllen sowohl wie die Zellen glasartig durchsichtig erschienen. Diese Beobachtungen können schon mit einer Lupe von etwa zehnfacher linearer Vergrößerung gemacht werden, und die Anwendung des Mikroskops führte zu keinem neuen Resultat, aufser zu der Ueberzeugung, dafs keinerlei Krystallform zu beobachten ist. Die Fig. 18 Taf. IV

ist hiernach in etwa zehnfacher linearer Vergrößerung gezeichnet.

Zur Ausführung der chemischen Untersuchung wurde nun eine genügende Quantität der weißen Hüllen auf mechanischem Wege von ihren Unterlagen abgelöst, und noch vor dem Pulvern durch vorsichtiges Erhitzen an der Luft von der geringen Menge Schwefel, die noch beigemengt war, befreit.

Die quantitative Prüfung geschah in der Weise, daß eine gewogene Menge der feingeriebenen Substanz mit dem achtfachen Gewicht schwefelfreien kohlensauren Natrons zusammen geschmolzen, die geschmolzene Masse mit heißem destillirtem Wasser sorgfältig ausgelaugt, und der Rückstand auf dem Filter, so wie die Lösung, jedes für sich, mit Chlorwasserstoff versetzt, im Wasserbade zur Trockne verdampft, wieder in Chlorwasserstoff und Wasser gelöst, und die unlösliche Kieselsäure gesammelt wurde. Im einen Filtrat liefs sich nun eine geringe Menge Schwefelsäure, im andern Strontian nachweisen. Die Resultate dieser Analyse sind folgende:

Angewandt: 1,2210 Grm. Substanz.

Kieselsäure	1,2063
Schwefelsaurer Strontian	0,0193
Schwefelsaurer Baryt	0,0274

Berechnet man den Gehalt der Substanz an schwefelsaurem Strontian aus der gefundenen Schwefelsäure, so ergibt sich folgende Zusammensetzung:

Kieselsäure	98,80
Schwefelsaurer Strontian	1,78
	<hr/> 100,58.

Die Analyse zeigte ferner die Abwesenheit von Kalk, Magnesia, Eisenoxyden und Alkalien, und die Substanz erwies sich ausserdem nach dem Trocknen bei 100° wasserfrei.

Aus dem Mitgetheilten geht also hervor, daß die weißen Hüllen allein aus Kieselsäure mit sehr geringen Mengen von schwefelsaurem Strontian bestehen, während sich die Kieselsäure in vollkommen amorphen Zustande befindet. Der geringe Gehalt der Substanz an schwefelsaurem Strontian ist

in Bezug auf die Form der Hüllen jedenfalls ganz unwesentlich, und beweist nur noch mehr, daß dieselben eine Nachbildung von reiner Kieselsäure nach Coelestin sind.

Wir kennen schon eine ziemlich große Zahl von Pseudomorphosen, bei deren Bildung Kieselsäure thätig war, und zwar lassen sich diese bekannten Fälle zum Theil als Verdrängungs-Pseudomorphosen, z. B. Quarz nach Anhydrit ¹⁾, zum Theil als Umhüllungs-Pseudomorphosen betrachten, von welchen letztern V. Monheim ²⁾ als erstes Beispiel eine Pseudomorphose von Quarz nach Zinkspath kennen lehrte. Die letztgenannte Pseudomorphose zeigt in ihrer äußern Erscheinung große Aehnlichkeit mit der oben beschriebenen; auch hier ist der Zinkspath, bei einigen Krystallen wenigstens, ganz verschwunden, die Krystalle sind hohl und bestehen nur noch aus Hüllen von zum Theil chalcedonartigem meist aber krystallinischem Quarz. Die vorliegenden Pseudomorphosen von amorpher Kieselsäure nach Coelestin sind wohl ohne Frage ebenfalls als Umhüllungs-Pseudomorphosen zu bezeichnen. Die Coelestinkrystalle haben sich mit einer Hülle von Kieselsäure umgeben, und da die Hüllen, zum Theil wenigstens, im Innern völlig eben sind, so wird dadurch wahrscheinlich gemacht, daß der schwefelsaure Strontian erst nach der Bildung derselben fortgeführt und durch Schwefel ersetzt wurde.

In Bezug auf diese Entstehungsweise der Pseudomorphosen bieten sich indessen noch mehrere nicht uninteressante Fragen dar. So würde zunächst zu beurtheilen seyn, in welcher Weise die Ablagerung der Kieselsäure und die Wegführung des schwefelsauren Strontians geschehen, und ferner, ob beide Processe gleichzeitig stattgefunden haben.

Die Ablagerung der Kieselsäure ist wohl unzweifelhaft auf nassem Wege erfolgt; der Vorgang kann indessen variiren nach der Beschaffenheit des die Kieselsäure zuführenden Wassers: Entweder nämlich ist es möglich, daß die

1) Prof. B. Blum, Pseudomorphosen, 2. Nachtrag 1852, S. 93.

2) Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande 1849, 2, S. 54.

Krystalle von Coelestin mit einem gewöhnlichen kieselsäure-reichen Quellwasser überdeckt waren, welches bei allmählicher Verdunstung seine Kieselsäure zurückliefs, und so die Bildung der Hüllen veranlafste. Eine derartige Entstehungsweise der Hülle ist wohl denkbar, wenn wir sehen, wie bedeutende Quantitäten Kieselsäure selbst solche gewöhnliche Wässer führen, welche nur eine mittlere Temperatur besitzen, und keine Alkalien als Lösungsmittel der Kieselsäure enthalten. So zeigte die Analyse eines im Buntsandstein oberhalb Heidelbergs entspringenden Quellwassers, welche der Eine von uns vor Kurzem ausgeführt hat, einen Gehalt von 0,1108 Grm. Kieselsäure in 10000 Grm. Wasser, während die Temperatur der Quelle nur 8°,9 C. beträgt. Da indessen das Terrain auf dem die Pseudomorphosen sich bildeten, ein vulkanisches ist, so dürfen wir für die Zeit der Bildung derselben sogar das Vorhandenseyn von heißen Quellen annehmen, und wie groß deren Kieselsäure-Gehalt seyn kann, ohne dafs das Wasser zu den alkalischen gehört, zeigen die neulich von Prof. Bunsen mitgetheilten Analysen der Thermen zu Baden, von denen die Hauptquelle bei einer Temperatur von 68°,6 C. in 10000 Theilen Wasser 1,190 Grm. Kieselsäure enthält.

Die Beschaffenheit der Pseudomorphosen gestattet die Annahme nicht, dafs ein solches nicht-alkalisches Wasser die Kieselsäure zur Bildung der Hüllen herbeigeführt habe; denn es ist kein Fall bekannt, wo ein Wasser von der bezeichneten Art nicht erhebliche Mengen von Kalk und Eisenoxydul als zweifach kohlensaure Salze aufgelöst enthielte. Daher müssen aber die durch Verdampfung solcher Wässer entstehenden Sinter stets kohlensauren Kalk und das durch Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs gebildete Eisenoxydhydrat beigemischt enthalten, und können nicht wohl reine Kieselsäure seyn, wie die beschriebenen Hüllen. Man könnte zwar annehmen, der kohlensaure Kalk etc. seyen nachher wieder fortgeführt, und so reine Kieselsäure zurückgeblieben, aber dann würden die Hüllen wohl kaum ihre homogene glasartige Beschaffenheit beibehalten haben.

Weit wahrscheinlicher ist es, daß die Kieselsäurehüllen ihre Entstehung einem zweiten Vorgange zu verdanken haben, nämlich der Ausscheidung von gallertartiger Kieselsäure aus einem alkalischen, Kieselsäure im Ueberschuß enthaltenden Wasser, durch allmähliche Verdampfung desselben, wobei ein Theil der Kieselsäure im amorphen Zustande abgeschieden wird. Zu der Annahme einer derartigen Entstehungsweise der Hüllen wurden wir besonders bewogen, durch Vergleichung derselben mit einem Stück Kieselstein, welches Prof. Bunsen von Island mitgebracht hat, und uns gütigst zur Untersuchung überliefs, und außerdem durch Vergleichung der durch die schönen Untersuchungen Bunsens so vollständig erkannten Verhältnisse der isländischen Kieseluffbildungen mit den Verhältnissen, unter denen ähnliche Bildungen in Sicilien stattfinden können.

Prof. Bunsen hat durch seine Untersuchungen¹⁾ gezeigt, daß die Bildung der Kieseluffablagerungen in Island gebunden ist an das Vorkommen alkalischer, Kieselsäure im Ueberschuß enthaltender Wasser. Als besonders passendes Beispiel eines derartigen Wassers führen wir das des großen Geisirs auf Island an, welches nach einer von Sandberger ausgeführten Analyse folgende Zusammensetzung besitzt:

Kieselsäure	0,5097
Kohlensaures Natron	0,1939
Kohlensaures Ammoniumoxyd	0,0083
Schwefelsaures Natron	0,1070
Schwefelsaures Kali	0,0475
Schwefelsaure Magnesia	0,0042
Chlornatrium	0,2521
Schwefelnatrium	0,0088
Kohlensäure	0,0557
Wasser	—

1000,0000.

Bunsen hat ferner auf experimentellem Wege²⁾ ge-

1) Liebig's Annalen Bd. 62, S. 48 u. f.

2) Liebig's Annalen Bd. 62, S. 48 u. f.

zeigt, dafs jene alkalischen Kieselsäure reichen Wasser, ihre Entstehung der Einwirkung der heifsen Quellen auf die Substanz des Palagonites verdanken, indem dieselbe dabei in saure unlösliche Silicate, die als Thonlager zurückbleiben, und in lösliche alkalische Silicate verwandelt wird, die durch die Quellen fortgeführt werden. Das oben erwähnte Stück Kieselsinter stammt aus der Snorre Sturleson Quelle zu Rykhold auf Island. Es besteht aus einer dendritisch zusammengesetzten Masse von lauter rundlichen Quarzkörnchen, an denen keinerlei Krystallform zu beobachten ist, und die unter dem Vergrößerungsglase als vollkommen homogene glasartig durchscheinende Masse erscheinen; bei einer Prüfung erwiesen sie sich als chemisch reine Kieselsäure. Dieses Vorkommen ist in allen Beziehungen analog den weifsen Hüllen der Coelestinkrystalle; nur sind im ersten Falle die Kieselsäurekörnchen gröfser, und haben keine Krystalle einer andern Substanz überzogen. Wenn man nun noch bedenkt, dafs in Sicilien dieselben Bedingungen zur Entstehung solcher alkalischer, überschüssige Kieselsäure enthaltender Quellen, durch das Vorkommen des Palagonites und der heifsen Quellen gegeben sind, wie in Island, so wird man wohl nicht mehr zweifeln dürfen, dafs der Absatz der Kieselsäurehüllen in analoger Weise geschah, wie die Kieseltuffbildungen in Island. Unter dieser Annahme erklärt sich nun auch sehr einfach die völlige Abwesenheit fremder Substanzen in den Hüllen; denn, wie die oben angegebene Analyse des Wassers des grofsen Geisirs zeigt, enthält dasselbe gar keinen kohlensauren Kalk und kohlensaures Eisenoxydul, während auch in den andern ähnlichen Quellen auf Island höchstens nur Spuren dieser beiden Körper vorkommen ¹⁾).

Nachdem nun einmal eine dünne Hülle von Kieselsäure

- 1) Dieser Mangel des Geisirwassers an den kohlensauren Salzen von Kalk und Eisenoxydul hat nach Bunsen zum gröfsten Theil seinen Grund in der hohen Temperatur der Quellen, indem bei einer dem Siedepunkt des Wassers naheliegenden Temperatur, die zweifach kohlensauren Salze schon nicht mehr bestehen.

über den Krystallen von schwefelsaurem Strontian entstanden war, konnte dieser ohne Zerstörung derselben durch Wasser gelöst und fortgeführt werden. Diese Fortführung des Coelestins wird ohne Zweifel wegen der Schwerlöslichkeit dieses Salzes eine längere Zeit in Anspruch genommen haben, ist indessen sehr wohl denkbar, wenn man beachtet, daß der schwefelsaure Strontian schon in etwa 15000 Theilen kalten Wasser löslich ist, während seine Löslichkeit mit erhöhter Temperatur rasch zunimmt, so daß etwa 3500 Theile Wasser von 100° 1 Theil des Salzes lösen. Sehr zu beachten ist hierbei die noch weit größere Löslichkeit des schwefelsauren Strontians in Chlornatrium enthaltendem Wasser; nehmen wir nämlich an, daß das Wasser, welches die Kieselsäure zur Bildung der Hüllen herbeiführte, erhebliche Mengen von Chlornatrium enthalten, und nur eine theilweise Verdampfung erlitten habe, so würde dasselbe sofort auch zur Lösung und Fortführung des schwefelsauren Strontians gedient haben müssen.

Es bleibt uns nur noch übrig, mit einigen Worten auf die Ablagerung des in den Pseudomorphosen sich findenden krystallisirten Schwefels zurückzukommen. Es ist wohl als erwiesen zu betrachten, daß der größte Theil des in vulkanischen Gegenden, wie in Sicilien oder Island, sich findenden Schwefels durch das Zusammentreffen von Schwefelwasserstoff und schwefliger Säure abgelagert wurde, und eine derartige Entstehungsweise auch in diesem Falle vorauszusetzen ist. Beim Zusammentreffen von Schwefelwasserstoffgas und schwefliger Säure bei Gegenwart von Wasser scheidet sich der Schwefel bekanntlich zuerst als feines gelblichweißes Pulver ab; bald indessen sieht man ihn sich zu kleinen gelben Tröpfchen ansammeln, welche lange Zeit weich bleiben, bis sie endlich krystallisch erstarren. Dieser Umstand, daß der Schwefel bei seiner Abscheidung, selbst wenn diese bei gewöhnlicher Temperatur vor sich ging, weich ist, und erst allmählich erstarrt, scheint uns eine Erklärung dafür zu seyn, daß wir den Schwefel an jenen Localitäten so häufig krystallisirt finden, da ja die Krystalle um so re-

gelmäßiger seyn müssen, je langsamer die Erstarrung stattfand, und je mehr Zeit also die Schwefelnoectile hatten, ihren Anziehungen zu folgen. So ist es denn auch sehr erklärlich, wie es kommt, daß der Schwefel in einzelnen der Pseudomorphosen in vollkommen ausgebildeten freistehenden Krystallen von der Combination $P \cdot \frac{1}{3} P \cdot 0 P \cdot \overset{\circ}{P} \propto$ vorkommt; diese Krystalle sind durch allmähliches Erstarren des flüssigen oder doch weichen Schwefels entstanden, welcher die Kieselsäurehüllen zum Theil ausfüllte.

Fassen wir die Resultate dieser kurzen Betrachtungen zusammen, so sind also die beschriebenen Pseudomorphosen Umhüllungs-Pseudomorphosen von reiner Kieselsäure nach schwefelsaurem Strontian: es ist die Ablagerung der Kieselsäure und die Fortführung des schwefelsauren Strontians gleichzeitig durch die Einwirkung eines alkalischen, überschüssige Kieselsäure und Chlornatrium enthaltenden Wassers geschehen, während es besonders die Gleichzeitigkeit dieser beiden Processe war, wodurch die zellenförmigen Bildungen von Kieselsäure im Innern der Pseudomorphosen bedingt wurden. Der Schwefel dagegen wurde erst nach Entstehung der Hüllen und Fortführung des Coelestin und zwar durch Zusammentreffen von Schwefelwasserstoff und schwefliger Säure abgelagert.

Heidelberg den 4. März 1858.

IX. *Ueber die Rinde der meteorischen Eisenmassen von Freiherrn von Reichenbach.*

IV. 1)

Die Meteorite erscheinen bei uns auf der Erdoberfläche bekanntlich niemals anders, als mit einer schlackigen Rinde überzogen, welche von ihrer Substanz sehr verschieden ist. Sie ist augenscheinlich das Erzeugniß theils der Fenererscheinungen, mit welchen wir sie sich unserem Planeten nähern sehen, theils anderer Einflüsse, denen sie ausgesetzt waren.

Diese Hülle ist nicht gleich auf allen Meteoriten, sondern verschieden je nach der Verschiedenheit der Bestandtheile, aus welchen die Meteorite zusammengesetzt sind, und den Schicksalen, welche sie durchlaufen haben: Steinmassen tragen einen andern Ueberzug als Eisenmassen; gemengte Stein- und Eisenmassen einen andern, als jede von beiden.

Die Eisenmeteorite waren früher von großer Seltenheit; jetzt werden sie ziemlich häufig auf der Oberfläche der Erde gefunden, und bald werden sie zahlreicher vorhanden seyn, als die Steinmeteorite: man dankt dieß einerseits den Fortschritten, mit welchen wissenschaftliche Bildung in die Massen den Bevölkerungen eindringt und die Aufmerksamkeit auf die Gegenstände der freien Natur schärft; andererseits kommt dem der Umstand zu Gunsten, daß die Meteorsteine auf freiem Felde sehr zerstörllich, die Eisenmassen dagegen sehr haltbar sind. Es fallen weit mehr Steine als Eisenklumpen vom Himmel nieder, vielleicht hundert Steine auf Eine Eisenmasse. Allein die Steine sind meist von lockerem, sich oft sogar abbröckelndem Gefüge, wie Bishopville, Benares, Alais, Mauerkirchen, Nanjemoy, Stannern u. a. m., und enthalten fast immer mehr oder minder reichlich eingesprengte Schwefelkiese, mit denen sie ganz durchsäet sind. Die

1) Artikel I findet sich in d. Ann. Bd. 101, S. 311, Artikel II und III in Bd 102, S. 618 und S. 621.

Feuchtigkeit und der Regen dringen durch die lockere Steinkörper hindurch, die Schwefelkiese zersetzen sich, zersprengen sie nach allen Richtungen und zerbröckeln sie zu Grus und Sand, womit sie dann verschwinden.

Die Eisenmassen dagegen sind dicht und fest, lassen keine Feuchtigkeit eindringen, hüllen sich in eine schützende Rostkruste ein, und widerstehen unter dieser Decke unendlich lange den Angriffen der Außenwelt. Während also die meisten Meteorsteine in wenigen Jahren verwittern und in der Dammerde verschwinden, halten die Eisenmassen dauerhaft aus, bleiben liegen, sammeln sich allmählich an, und harren der Zeit, wo menschliche Aufklärung sie erkennt, und ihnen zu der ihrer Bedeutung gebührenden Ehre aufhilft. In altkultivirten Ländern, wie in Europa, haben sie unsere Vorvordern meist schon lange aufgelesen, und theilweise verschmiedet, wie Bittburg, Staniza und andere Beispiele davon geben; in uncivilisirten Ländern dagegen, wo sie ungestört lagerten, findet man sie jetzt so häufig, und wird sie fort und fort finden, dafs ihre Anzahl bald die der vorhandenen Steinmeteoriten übertreffen wird, obgleich diese ohne allen Vergleich häufiger niederfallen. Bohumiliz, Lenarto, Bittburg, Arva, Seelägen, Ellbogen, Caille, auch Hainholz, sind hiervon Beispiele in Europa; in Amerika, wo man das unverritzte Feld jetzt erst in Angriff nimmt, findet man zahlreiche Eisenmassen, wovon uns die HH. Troost und Shepard alle Jahre mehrere lieferten, wie Ashville, Caryfort, Charlotte, Clairborn, Kuff, Putnam, Sevier, Coke-County, Lokport, Madoc, Burlington, Karthago, Redriver, u. a. m. Alle diese Meteoreisenmassen, wovon ich gröfstentheils Exemplare besitze, zeigten, als man sie auffand, eine starke Rinde von fester eisenrostiger Substanz, $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll dick. Ich besitze eine schwere Eisenmasse von 85 Pfund von Clairborn, auf welcher stellenweise über einen halben Zoll dick Rinde auflag. Man sucht sie gemeiniglich zu schützen und vor dem Abfallen zu hüten, da sie sich gerne losschält und abblättert.

Nun entsteht aber die Frage, ob diese Rinde auch wirk-

lich eine primäre sey, ob sie der Aërolith vor seiner Ankunft bei uns besessen, ob er sie aus den unendlichen Welt-räumen mitgebracht, oder ob sie secundär ihm erst beim Durchgange durch unsere Atmosphäre aufgedrungen worden; oder aber, ob sie nicht endlich tertiär, von späterer Entstehung, ein jüngerer Gebilde sey, das ihm erst auf dem Erdboden angewachsen?

Diese Frage zu entscheiden, haben wir einige Anhaltspunkte. Es ist nicht ohne einiges Interesse für die Beurtheilung der Meteoriten und die Sammlungen derselben, darüber im Klaren zu seyn. Wir haben nämlich nicht blos Eisenmassen, die wir *zufälligen Funden* auf dem Boden verdanken, sondern wir haben auch solche, die wir auf ihrem Sturze ertappten und unmittelbar vom Himmel niederfallen sahen. Wir haben also Gelegenheit, ganz frische Eisenmassen nach der Beschaffenheit ihrer Oberfläche denen gegenüber zu stellen, welche im Boden gefunden wurden, und von deren unvordenklichem Niederfallen uns nichts bekannt ist.

Vergleicht man nun diese Eisenmassen mit einander, so erkennt man in Absicht auf Rinde einen wesentlichen Unterschied zwischen denen von alten und denen von neueren Meteoriten. *Alle* alten und auf dem Erdboden gefundenen Eisenmassen, deren Herkunft und Alter uns unbekannt ist, und das Hunderttausende von Jahren zählen kann, sind ohne Ausnahme mit einer mehr oder minder *dicken, braunschwarzen*, etwas groben Eisenoxydhydratdecke überzogen; an *alten* von denen dagegen, die wir nicht fanden, sondern fallen sahen und unverzüglich aufhoben, findet sich keine solche Kruste vor. Umgekehrt dagegen, an allen neuen Eisenmassen, die man fallen sah, und auf welche der Erdboden und die Zeit keinen Einfluss nehmen konnten, gewahren wir ohne Ausnahme eine überaus *dünne, schwarze, feine Haut*, dergleichen an keinem einzigen Aërolithen beobachtet worden ist, der als alter Gefährte des Erdbodens durch Fund erworben wurde.

Der erste von den neueren Eisenmeteoriten ist die

schöne Eisenmasse von *Agram* in Croatien, welche sich in der kaiserlichen Sammlung zu Wien befindet; wenige kleine Abschnitte davon sind anderen Cabinetten, und auch mir zu Theil geworden. Man sah sie im Jahre 1751 niederfallen. Auf dieser Eisenmasse liegt nichts von der groben Borke, welche die Bodenfunde tragen, sondern es ist ein feines, ziemlich glattes, zartes, nicht braunes, sondern ganz schwarzes Häutchen, welches den Körper allenthalben umhüllt, so dünn, wie ein feines Briefpapier. Sie blättert sich nicht und fällt nicht leicht ab, sondern haftet ziemlich fest auf dem Eisen. — Der zweite Eisenmeteorit, dessen Fall beobachtet worden ist, ist der von Charlotte in Discon County im nordamerikanischen Staate Tennessee. Sein Niederfallen wurde am 1. August 1835 wahrgenommen. Davon besitze ich ein gutes Exemplar, und finde darauf eine ebenso glatte, zarte schwarze Rinde, wie sie sich auf Agram zeigt. — Endlich haben wir den schönen Meteoriten von *Hauptmannsdorf* in Böhmen, der am 14. Juli 1847 auf frischer That ergriffen wurde, und von dem ich mehrere Exemplare besitze. Er ist mit der schönsten, zartesten schwarzen Haut überzogen, die ihn rund umschließt, ganz gleich denen von Charlotte und von Agram. — Andere als diese drei Eisenmassen sind beim Niederfalle bis jetzt meines Wissens nicht beobachtet worden.

Alle Meteoreisenmassen also, welche man fallen sah und unverzüglich aufhob, haben keine braune dicke Kruste, sondern ein zartes schwarzes Häutchen von Eisenoxydul, das kaum Papierdicke besitzt; alle unvordenklich alten Massen aber, die man in der Erde gefunden und deren Sturz unbekannt ist, haben eine grobe, dunkelbraune, dicke, meist blättrig sich abschuppende Kruste.

Ueber diese Unterschiede giebt uns die Geschichte dieser Aërolithen und ihre Physik und Chemie zureichende Rechenschaft. Wir sehen sie mit einem ganz blendend weissen Lichte, das an Leuchtkraft alles übertrifft, was wir außer der Sonne kennen, durch unsere Atmosphäre eilen, dann aber lichtlos auf der Erde ankommen. Wir finden sie, wenn

sie hierauf sogleich ergriffen werden, so heiß, daß man sich die Hände daran verbrannt hat. Wir finden ferner die Meteoriten, namentlich die Eisenmassen, auf ihrer Oberfläche so stumpf und fast abgeglättet, ganz im Widerspruche mit ihrem inneren krystallinischen scharf ausgeprägten Gefüge, daß wir unmittelbar zu der Ueberzeugung hingetrieben werden, diese Oberfläche sey nicht uranfänglich, sondern durch irgend einen Einfluß gestört, abgerieben, zerrüttet. Wir sind bei dem Hergänge nicht mit Blasbalg und Schüreisen zugegen gewesen, aber es ist augenscheinlich, daß das heftige Leuchten, jene Hitze der niedergefallenen Meteoriten, ihr schlackenartig geschmolzener Ueberzug, und der Zustand der Oberfläche wie Ursache und Wirkungen zusammenhängen, daß dieselben bei ihrem Durchgehen durch die Atmosphäre auf eine noch nicht erforschte Weise in Brand gerathen, und dabei eine Hitze entwickeln, welche hinreichend ist, das Eisen auf der Oberfläche zu schmelzen und zu oxydiren, und daß mitunter eben dieses Verbrennen des Eisens, das bekanntlich überaus stark leuchtet, eine von den Ursachen der heftigen Lichtentwicklung ist. Bei diesem tumultuari-schen Hergange nun mußten zunächst alle Hervorragungen, Krystallspitzen niedergebrannt, zu Grunde gerichtet werden. Die Oberflächentheile mußten sammt und sonders der Heftigkeit einer excessiven plötzlichen Hitze weichen und verschwinden. Das Product des Processes war kein anderes als verbranntes geschmolzenes Eisen, Eisenglas, eine Art Frischschlacke, wie sie unsere Eisenheerde liefern, die dann dünnflüssig den mit planetarischer Geschwindigkeit forteilenden und der Erde zufallenden Körper umfloss. Bei der Heftigkeit, mit welcher er die Luft durchfuhr, rifs diese nothwendigerweise alle die geschmolzene dünnflüssige Schlacke hinweg, die loszutrennen war; der feurige Streif, den die Meteoriten Nachts am Himmel hinterlassen, bildet einen sprechenden Zeugen hievon. Am Meteoriten blieb dann nur der geringe Rest hängen, den die Adhäsion zurückhielt, und der als die feine Haut übrig blieb, wie wir sie hintennach vorfinden. — Daraus geht somit hervor, daß die feine Rinde

der im Falle beobachteten Meteoreisenmassen aus chemischen Gründen, die hier keiner Auseinandersetzung bedürfen, der Hauptsache nach aus Eisenoxydul im geschmolzenen Zustande besteht, und folglich kein uranfängliches, sondern ein sekundäres in der Atmosphäre zugewachsenes Anhängsel ist (wobei ich den Aërolithen wie eine reine Eisenmasse betrachte und von dem untergeordneten Gehalt an Nickel, Chrom, Kobalt, Graphit etc. absehe).

Anders ist es mit der Kruste der alten im Boden aufgefundenen Meteoreisen. Die feine Oxydulhaut haben sie seiner Zeit ganz gewiss, als Zugabe der Atmosphäre, auch mitgebracht. Aber wo ist sie längst hin! Das Regenwasser, die Feuchtigkeit, die hydroelektrischen Gegensätze, und alle Affinitäten der sie umgebenden Körper, haben sie längst in Rost verwandelt. Diese eisernen Luftgäste lagen Jahrhunderte und Jahrtausende auf dem Erdboden in Geröll, Schutt, Sand, Lehm und Dammerde halb oder ganz vergraben, den Atmosphäriken, dem Temperaturwechsel vom Sommer und Winter, den zersetzenden Sonnenstrahlen, der Feuchtigkeit ausgesetzt. Ihre Oberfläche unterlag den chemischen Einwirkungen dieser Agentien ohne Unterlaß und die corrodirende Arbeit hat wohl bei den meisten Jahrtausende lange ihren ungestörten Fortgang gehabt. Der Körper der Meteoriten selbst ist sofort angegriffen, angenagt worden; es hat sich Eisenoxydul, Eisenoxydoxydul, Eisenoxydhydrat u. s. w. erzeugt, die sich schichtenweise hineingefressen, und im langen Laufe der Jahrhunderte hat sich eine blättrige dicke Kruste gebildet, die dann ihrerseits selbst wieder der weiteren Zersetzung Hemmnisse in den Weg gelegt hat, ansonst der ganze Meteorit sich längst in Brauneisenstein aufgelöst hätte. Die grobe Borke der alten Meteoriten, wie sie sich im Erdboden vorfindet, ist also nicht eine uranfängliche Rinde, welche sie mit zur Erde gebracht haben, sondern eine unreine Kruste zumeist aus Eisenoxydhydrat bestehend, vom Meteoriten abgefressen, und erst lange nach dem Sturze allmählich rostartig angewachsen. Sie ist keine ächte, sondern eine falsche Rinde, welche ihre Her-

kunft von Ereignissen borgt, die lange nach dem Niederfallen erst sich zutragen. Deshalb verdient sie auch keine Schonung und Erhaltung, sondern ist ein Gegenstand der Säuberung, der so viel als thunlich abgescheuert und entfernt werden soll.

Ich kenne einen einzigen, aber merkwürdigen und gewiss sehr seltenen Fall, in welchem der Schmelz, aus dem diese Rinde besteht, sich rein angesammelt, und der Beobachtung noch nach Jahrtausenden sich dargeboten hat. Ein etwa faustgroßes Stück Eisenmasse aus dem Tolucahale in Mexico befindet sich in meiner Sammlung, beiläufig ein plattgedrückter Würfel von Gestalt. Die eine große Seite hat eine rostige schuppige Rinde, wie alle alten Eisenmeteoriten; die andere entgegengesetzte aber, von gleicher Rostfarbe, besteht jedoch gar nicht aus Eisen, sieht gar keinem Meteoriten ähnlich, sondern gleicht einer eingetrockneten braunen Lettenmasse, voll krummer mitunter $\frac{1}{2}$ Zoll tiefer Risse nach allen Richtungen, ist sehr hart, spröde und scharfkantig. Ich brach ein Stückchen heraus und schliiff es an. Salpetersäure griff die Politur gar nicht an; ein Stückchen Frischschlacke, ebenso behandelt, zeigte gleiches Aussehen und gleiches Verhalten gegen Reagentien: — es war also angehäuften Brandrindensubstanz. Und ihre Anhäufung bewerkstelligte sich auf eigene Weise. Der Eisenmeteorit hatte im Niederfallen, wo er in viele Stücke zerfuhr, einen tiefen Riss bekommen, weit genug, um mit Fingern hineinzukommen. In diesem Winkel sammelte sich zufällig geschmolzene Rindensubstanz, füllte ihn theilweise aus, erkaltete nachher darin und bekam bei der Erkältung krumme Sprünge wie alte Schlacke. Der Restbruch des halbabgerissenen Stückes ist jetzt deutlich sichtbar. Dieser schöne Schmelz ist in mehreren Stückchen, die ich anschliff, hell durchsichtig, nelkenbraun, ritz Glas, enthält hie und da Flitter von feinen Eisenfädenkrystallen, und ist meines Wissens das einzige Beispiel von wohlerhaltener geschmolzener Meteor-eisenrinde, das überhaupt existirt. Es bestätigt obige Auseinandersetzungen und schließt sich ihnen genau an.

Nach diesem Merkmale kann man nun auf den ersten Blick alte und frische Meteoreisenmassen unterscheiden, und die Frage, wie sie oben aufgestellt ist, beantwortet sich schliesslich dahin, dass keiner von den Ueberzügen, die wir an den Meteor-Eisenmassen vorfinden, primär ist; dass die Oxydhaut, welche die Eisenmassen besitzen, die wir fallen sahen, erst innerhalb der Atmosphäre gebildet worden. folglich sekundär und dem Meteoriten als solchem nicht angehörig ist; ich möchte sie *Brandrinde* nennen; und endlich dass die derbe Borke, welche die alten, in und auf der Erde gefundenen Meteoreisenmassen überzieht, erst auf dem Lager sich erzeugt hat, das sie hier einnahmen, tertiär, eine *Rostrinde*, somit die letzte Veränderung ist, deren der Meteorit unterliegt, und die unmittelbar an seiner Zerstörung arbeitet.

X. *Ueber die Natur des Ozon; von R. Clausius.*

(Vorgetragen in der naturforsch. Gesellsch. zu Zürich d. 8. März 1858.)

Im Januarhefte des Phil. Mag. S. 24 befindet sich ein Aufsatz von Schönbein, in welchem der Entdecker des Ozon eine neue Eigenschaft dieser merkwürdigen Modification des Sauerstoffes mittheilt. Während nämlich das Ozon auf die oxydirbaren Substanzen und selbst auf edle Metalle eine starke oxydirende Wirkung ausübt, hat Schönbein gefunden, dass Papierstreifen, welche mit Bleisuperoxyd gefärbt sind, wenn man sie feucht in stark ozonisirte Luft bringt, dort gebleicht werden, indem das Bleisuperoxyd zu Bleioxyd reducirt wird, wobei zugleich, wie Schönbein anderweitig nachgewiesen hat, das Ozon zerstört, d. h. in gewöhnlichen Sauerstoff übergeführt wird.

Diese Mittheilung hat mich in der Ansicht, welche ich schon früher über die Natur des Ozon hatte, bestärkt, und

ich glaube daher, dieselbe jetzt als eine Hypothese veröffentlichten zu dürfen.

In meiner Abhandlung »über die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen« ¹⁾ habe ich die Beziehungen welche zwischen den Volumen der einfachen und zusammengesetzten Gase bestehen, durch die Annahme zu erklären gesucht, daß auch in einfachen Gasen mehrere Atome zu einem Molecule verbunden sind, daß z. B. ein Sauerstoffmolecul aus zwei Atomen besteht ²⁾. Ich glaube nun,

1) Diese Ann. Bd. C, S. 353.

2) Zu einem Auszuge jener Abhandlung in den *Ann. de chim. et de phys.* und zu einer Uebersetzung in den *Archives des sciences phys. et nat.* sind an der betreffenden Stelle von den HH. Verdet und Marignac Anmerkungen hinzugefügt, welche darauf aufmerksam machen, daß die Idee, daß auch in einfachen Gasen die Molecule aus mehreren Atomen bestehen, schon von Dumas, Laurent und Gerhardt ausgesprochen ist, was mir bis dahin unbekannt war. Gerhardt hat seine theoretischen Ansichten hauptsächlich in der zweiten Hälfte des vierten Bandes seiner organischen Chemie auseinandergesetzt. Diese Abschnitte waren in der von Wagner herausgegebenen deutschen Uebersetzung zu der Zeit, als meine Abhandlung erschien, noch nicht gedruckt, und die letzten Hefie sind auch jetzt noch nicht ausgegeben. Ich habe daher, da mir das französische Original nicht zugänglich ist, bisjetzt erst einen Theil jener theoretischen Auseinandersetzungen lesen können. Darin habe ich in der That gefunden, daß Gerhardt aus ganz anderen, rein chemischen Gründen zu der Ansicht gelangt ist, daß freier Wasserstoff als Wasserstoffhydrür (H, H), und freies Chlor als Chlorchlorür (Cl, Cl) zu betrachten sind, und auch vom Sauerstoff wird gesagt, daß ein Molecul aus mehreren (wenigstens zwei) Atomen zusammengesetzt sey (S. Bd. IV, S. 612). Die Werke von Dumas und Laurent habe ich mir noch nicht verschaffen können, aber ich zweifle nicht, daß auch in ihnen ähnliche Aussprüche vorkommen. Es ist mir sehr lieb gewesen, durch die erwähnten Anmerkungen von dem Vorhandenseyn dieser theoretischen Betrachtungen in Kenntniß gesetzt zu werden, und obwohl sich dadurch herausgestellt hat, daß meine Annahme weniger neu ist, als ich geglaubt hatte, so kann ich doch über ein Zusammentreffen mit so ausgezeichneten Forschern nur erfreut seyn, zumal bei einem Gegenstande, welcher einerseits in so viele Gebiete eingreift, daß man auf sehr verschiedenen Wegen zu demselben Resultate gelangen kann, und welcher andererseits noch so hypothetisch ist, daß jede neue Bestätigung eines Resultates erwünscht seyn muß.

dafs es unter besonderen Umständen geschehen kann, dafs von der grofsen Anzahl von Molecülen, welche sich in einem gewissen Quantum Sauerstoffgas befinden, ein kleiner Theil in seine beiden Atome zerlegt wird, welche dann getrennt unter den übrigen Molecülen umherfliegen. *Diese vereinzeltten Sauerstoffatome, welche sich in ihrem Verhalten gegen fremde Körper natürlich von solchen Atomen, die je zwei zu Molecülen verbunden sind, unterscheiden müssen, sind meiner Ansicht nach das Ozon.*

Betrachten wir hiernach zunächst die wichtigsten Entstehungsweisen des Ozon.

Wenn in Sauerstoffgas oder atmosphärische Luft Elektrizität ausströmt, oder wenn elektrische Funken hindurchschlagen, so bildet sich dadurch Ozon, wobei die Art der Elektrizität, ob sie positiv oder negativ ist, keinen Unterschied macht. Diese Wirkung kann man wohl einfach der abstossenden Kraft der Elektrizität zuschreiben, indem die beiden Atome eines Molecüles, wenn sie mit gleicher Elektrizität geladen sind, in derselben Weise auseinander getrieben werden, wie man es an gröfseren Körpern beobachtet.

Wenn Sauerstoff unter geeigneten Umständen durch Elektrolyse aus seinen Verbindungen ausgeschieden wird, so erhält man ihn ozonisirt. Dieses erklärt sich daraus, dafs im Momente der Ausscheidung die Sauerstoffatome vereinzelt sind. Die meisten verbinden sich sogleich an der Elektrode je zwei zu Molecülen, wobei vielleicht die Elektrode selbst, wenn diese z. B. aus Platin besteht, mit wirksam ist. Ein kleiner Theil der Atome aber bleibt vereinzelt, und diese bilden das dem Sauerstoff beigemischte Ozon.

Eine dritte Entstehungsart endlich findet statt, wenn atmosphärische Luft in Berührung mit feuchtem Phosphor ist. Diesen Procefs kann man sich vielleicht so denken. Indem der Phosphor sich mit dem umgebenden Sauerstoff verbindet, mufs eine Anzahl der mit ihm in Berührung kommenden Sauerstoffmolecüle in ihre zwei Atome zerlegt werden, und dabei kann es geschehen, dafs er sich nicht mit beiden ver-

bindet, sondern dafs das eine durch die Wärmebewegung aus seiner Wirkungssphäre entfernt wird, und dann vereinzelt bleibt. Es ist möglich, dafs hierbei noch ein besonderer Umstand wirksam ist. Aus der Elektrolyse ist es bekannt, dafs in der Verbindung *verschiedenartiger* Atome zu einem Molecüle ein Theil des Molecüls positiv elektrisch und der andere negativ elektrisch ist. Dieses findet vielleicht auch bei der Verbindung zweier *gleichartiger* Atome, also z. B. zweier Sauerstoffatome statt, indem auch von diesen das eine positiv und das andere negativ elektrisch wird. Da nun bei der Oxydation des Phosphor der Sauerstoff jedenfalls als negativer Bestandtheil in die Verbindung tritt, so kann es seyn, dafs von den beiden Sauerstoffatomen, welche aus einem Molecüle entstehen, vorzugsweise das negative von dem Phosphor festgehalten wird, und das positive ungehindert, oder doch weniger gehindert fortfliegen kann. Wenn dieses dann auch später im Verlaufe seiner Bewegungen und seiner Berührungen mit anderen Gasmolecülen oder mit festen Wänden seinen positiv elektrischen Zustand verliert, und dadurch zur Verbindung mit dem Phosphor geeigneter wird, so kann es in diese doch nicht eher eintreten, als bis es wieder einmal durch seine Bewegung in die Wirkungssphäre des Phosphor gelangt.

Bekanntlich finden bei der Ozonisirung durch Phosphor einige auffällige Erscheinungen statt, z. B. dafs verdünnter Sauerstoff leichter ozonisirt wird, als dichter, und Sauerstoff, der mit Wasserstoff oder Stickstoff gemischt ist, leichter als reiner. Ich glaube, dafs sich auch für manche dieser Nebenerscheinungen wahrscheinliche oder wenigstens mögliche Erklärungsgründe angeben lassen, indessen will ich auf diese hier nicht eingehen.

Der vorher als möglich erwähnte Umstand, dafs in der Verbindung zweier Sauerstoffatome zu einem Molecüle die beiden Atome entgegengesetzt elektrische Zustände haben, kann auch zur Erklärung einiger anderer Erscheinungen dienen. Dafs das in einer Sauerstoffmenge gebildete Ozon nicht nach kurzer Zeit von selbst wieder verschwindet, indem die

getrennten Atome sich wieder zu Moleculen verbinden, hat seinen Grund vielleicht darin, dafs, nachdem die freien Atome ihren elektrischen Zustand verloren haben, damit auch ihr Bestreben, sich zu vereinigen, geringer geworden ist; wie ja auch Sauerstoff, selbst wenn er ozonisirt ist, mit Wasserstoff gemischt seyn kann, ohne sich mit ihm zu verbinden.

Wenn ozonisirter Sauerstoff erhitzt wird, so wird dadurch das Ozon zerstört. Dieses läfst sich vielleicht daraus erklären, dafs die hohe Temperatur geradeso, wie sie die Verbindung von Sauerstoff mit Wasserstoff und anderen oxydirbaren Substanzen veranlassen kann, auch die Vereinigung der getrennten Sauerstoffatome veranlafst.

Durch Versuche von Becquerel und Fremy hat sich gezeigt, dafs eine gegebene Menge Sauerstoffgas sich durch elektrische Funken, wenn das Ozon mit dem Sauerstoff gemischt bleibt, nur bis zu einem gewissen Grade ozonisiren läfst, während, wenn das gebildete Ozon immer gleich beseitigt wird, z. B. durch Oxydation von Silber, nach und nach die ganze Sauerstoffmenge in Ozon verwandelt werden kann. Dieses deutet darauf hin, dafs, wenn schon zu viele einzelne Atome in dem Gase enthalten sind, diese sich wieder unter einander verbinden, und es kann seyn, dafs die elektrischen Funken selbst die Fähigkeit haben, unter veränderten Umständen auch die umgekehrte Wirkung zu üben, nämlich die Vereinigung getrennter Atome zu befördern, ähnlich wie sie die Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff einleiten können.

Betrachten wir nun einige Wirkungen des Ozon.

Die Hauptwirkung, nämlich die starke Oxydation, kann nach der gegebenen Erklärung vom Ozon als von selbst verständlich angesehen werden, denn es ist klar, dafs getrennte Sauerstoffatome in Verbindungen mit fremden Körpern leichter eintreten können, als solche Atome, die schon unter sich zu je zweien verbunden sind, und aus dieser Verbindung erst gelöst werden müssen, um zur Verbindung mit anderen Stoffen geeignet zu werden.

In dieser Beziehung ist das Ozon mit dem Sauerstoff im

status nascens zu vergleichen, nur dafs bei dem letzteren noch der elektrische Zustand mit in Betracht kommt. Wenn nämlich Sauerstoff aus einer Verbindung, in welcher er elektronegativ war, ausgeschieden wird, so wird er in eine andere Verbindung, in welcher er auch elektronegativ seyn mufs, aus doppeltem Grunde leicht eintreten, erstens weil die Atome noch vereinzelt sind, und zweitens, weil sie schon den richtigen elektrischen Zustand haben. Es kann daher der Sauerstoff im *status nascens* in manchen Fällen an Wirksamkeit das Ozon noch übertreffen.

Eine mit der vorigen verwandte Wirkung ist die, dafs eine Platinplatte durch Eintauchen in ozonisirten Sauerstoff galvanisch polarisirt wird. Bekanntlich werden die beiden Elektroden, welche zur galvanischen Wasserzersetzung dienen, dadurch in der Weise polarisirt, dafs sie für sich allein einen entgegengesetzten Strom hervorzubringen vermögen. Man erklärt dieses daraus, dafs die eine Elektrode mit einer Schicht von Wasserstoffgas und die andere mit einer Schicht von Sauerstoffgas belegt ist. Hiermit stimmt es auch überein, dafs eine Platinplatte, welche in Wasserstoffgas getaucht wird, dadurch ebenfalls positive Polarisation annimmt. Taucht man dagegen eine Platinplatte in gewöhnliches Sauerstoffgas, so tritt die entsprechende Erscheinung, welche man vielleicht erwarten könnte, dafs die Platte hierdurch negativ polarisirt wird, nicht ein, und hierein scheint ein Widerspruch gegen die erwähnte Erklärung zu liegen. Indessen glaube ich, dafs man sich von diesem Unterschiede folgendermafsen Rechenschaft geben kann. Da ein Wassermolecül aus *zwei* Atomen Wasserstoff und *einem* Atome Sauerstoff besteht, so können die Atome des Wasserstoffgases, welche ebenfalls, wie die des Sauerstoffgases, je zwei zu Molecülen vereinigt sind, in die Verbindung mit Sauerstoff eintreten, ohne ihre Vereinigung unter einander aufzugeben. Die Atome des Sauerstoffgases dagegen sind, so lange sie unter einander zu Molecülen vereinigt sind, zur Verbindung mit dem Wasserstoff nicht geeignet. Daher kann der Sauerstoff in seinem gewöhn-

lichen Zustande keine galvanische Polarisirung hervorbringen, erhält aber diese Fähigkeit durch Ozonisation.

Neben der oxydirenden Wirkung kann das Ozon, wie Schönbein am Bleisuperoxyd nachgewiesen hat, auch die entgegengesetzte Wirkung der Desoxydation üben, und das Ozon selbst wird dabei in gewöhnlichen Sauerstoff übergeführt. Da das letztere in gleicher Weise bei der Berührung des Ozon mit anderen Superoxyden stattfindet, so liegt die Vermuthung nahe, daß auch die Desoxydation nicht auf das Bleisuperoxyd allein beschränkt ist. Diese Wirkung läßt sich ohne Schwierigkeit erklären. Denkt man sich nämlich ein Oxyd, welches seinen Sauerstoff oder einen Theil desselben leicht abgibt, in Berührung mit einem Gase, in welchem einzelne Sauerstoffatome sich bewegen, die sich mit zweiten Atomen zu verbinden suchen, so werden diese, indem sie mit dem Oxyde in Berührung kommen, ihm die nur schwach gebundenen Atome entziehen können, wodurch die doppelte Wirkung, die Reduction des Oxydes und das Verschwinden des Ozon zugleich erklärt ist.

Das Verhalten des Ozon ist in mancher Beziehung dem der Superoxyde ähnlich. Wasserstoffsuperoxyd z. B. hat bekanntlich eine starke oxydirende Wirkung, indem es sein zweites Sauerstoffatom leicht abgibt. Bringt man dagegen Wasserstoffsuperoxyd mit Oxyden edler Metalle oder mit gewissen metallischen Superoxyden zusammen, so findet eine gegenseitige Reduction statt. Hierbei darf man wohl annehmen, daß die Sauerstoffatome, welche aus dem Wasserstoffsuperoxyd ausscheiden, sich mit denen, welche aus den metallischen Oxyden oder Superoxyden frei werden, zu Moleculen vereinigen.

Es kann bei dieser Erscheinung die Frage entstehen, weshalb die Atome des Ozon für sich allein, oder die in einem einzelnen Oxyde oder Superoxyde enthaltenen und leicht trennbaren Sauerstoffatome sich nicht eben so leicht unter einander vereinigen können, als die Atome zweier verschiedenartiger Stoffe sich gegenseitig vereinigen. Dabei können aber mancherlei Nebenumstände von Einfluß seyn. Zunächst

ist der Aggregatzustand zu berücksichtigen. In einem festen Metalloxyde oder -superoxyde sind die einzelnen Theile in unveränderlicher Lage zu einander, und man kann daher annehmen, daß die Sauerstoffatome nicht in solche Berührung mit einander kommen, wie zur Vereinigung nothwendig ist. Ein flüssiger Körper dagegen schmiegt sich an den festen besser an, und seine Theilchen besitzen zugleich die nöthige Beweglichkeit, und ebenso verhält es sich mit einem luftförmigen Körper, der außerdem an der Oberfläche des festen Körpers noch eine Verdichtung erleidet. Ferner kann es seyn, daß der gleiche elektrische Zustand, in welchem sich die Sauerstoffatome einer bestimmten Verbindung befinden, sie zur Vereinigung unter einander weniger geneigt macht, als zur Vereinigung mit dem unelektrischen Ozon, oder mit den Sauerstoffatomen einer anderen Verbindung, deren elektrischer Zustand möglicherweise ein anderer seyn kann. Auch das elektrische Leitungsvermögen der Stoffe kann in Betracht kommen, indem die zur Vereinigung nothwendigen Aenderungen des elektrischen Zustandes in Berührung mit metallischen Körpern leichter geschehen können, als im Innern schlecht leitender Körper. Vielleicht lassen sich auch noch andere Gründe zur Beantwortung jener Frage beibringen, indessen werden die angeführten schon genügen, um wenigstens zu zeigen, wie viele Umstände hier zusammen wirken können, und daß man daher nicht erwarten darf, eine einfache Gesetzmäßigkeit zu finden, welche für alle Fälle gültig bleibt.

Schließlich muß ich noch bemerken, daß die von Andrews und Tait ¹⁾ veröffentlichte Angabe über die Dichtigkeit des Ozon, nach welcher dieselbe beinahe viermal so groß seyn soll, als die des gewöhnlichen Sauerstoffes, mit meiner Hypothese über die Natur des Ozon im Widerspruche steht. Wenn man aber bedenkt, daß die Versuche nur mit Sauerstoff angestellt werden konnten, der verhältnißmäßig wenig Ozon enthielt, und daß, um dieses Ozon in gewöhnlichen Sauerstoff zu verwandeln, das Ganze

1) *Proc. of the R. Soc. Vol. VIII, p. 498 u. d. Ann. Bd. CII. S. 625.*

bis auf 230° C. oder höher erhitzt wurde, so wird man leicht einsehen, daß es dabei außerordentlich schwierig seyn mußte, die störenden Einflüsse so weit zu beseitigen, um den nöthigen Grad von Genauigkeit zu erreichen. Ich habe daher, ohne die Geschicklichkeit und Sorgfalt der Beobachter irgend in Zweifel zu ziehen, doch Anstand genommen, dem von ihnen gefundenen Resultate ein solches Gewicht beizulegen, um deshalb meine Hypothese zu unterdrücken.

XI. Ueber die unter gewissen Umständen gelb erscheinende Fluorescenz einer Auflösung von Fraxin; vom Fürsten von Salm-Horstmar.

Prof. Stockes hatte die Güte mich darauf aufmerksam zu machen, daß die von mir in diesen Annalen Bd. 97, S. 638 mitgetheilte Beobachtung einer *gelben* Fluorescenz einer Lösung des Fraxins, in einem Kästchen von blauem Kobaltglase, stehenden Probierrglase, wohl ihren Grund in einer optischen Täuschung durch den Contrast haben würde. Diese Bemerkung veranlaßte mich die Sache genauer zu prüfen.

Stellt man den Versuch so an, daß das die Lösung enthaltende Probierrgläschen sich in einer engen, undurchsichtigen, unten verschlossenen Hülse befindet, welche an einer Seite *eine Oeffnung* hat, welche durch ein blaues Kobaltglastäfelchen verschlossen ist, durch welches das Tageslicht horizontal einfällt: so erscheint die *blaue* Fluorescenz vollständig, wie im directen Tageslicht. — Auch in einem Glaskästchen von dunkel violettem Manganglas zeigt die Lösung diese *blaue* Fluorescenz, wie im directen Tageslicht.

Hieraus folgt allerdings, daß die oben bemerkte gelbe Fluorescenz eine optische Täuschung war, entstanden da-

durch, daß das Auge nur *einen* Theil des Fluorescenzlichtes des Fraxins wahrnahm, nämlich *nur die gelben* Strahlen dieses Lichtes, weil das bei weitem lebhaftere blaue Licht des Glaskastens, das Auge verhinderte, sich des Eindrucks der *matten blauen* Strahlen der *ganzen* Fluorescenz deutlich bewußt zu werden. Die *gelben* Strahlen des Fluorescenzlichtes, obgleich, ihrer Quantität nach, den blauen Strahlen der ganzen Fluorescenz untergeordnet, werden deutlich empfunden, weil das Auge gerade für diese in der blauen Umgebung am empfindlichsten ist.

Diese *gelbe* Fluorescenzerscheinung ist also hiernach ein Theil vom ganzen Fluorescenzlicht. — Deshalb bleibt auch diese Lichterscheinung im Kasten von Kobaltglas *gelb* auf beinahe schwarzem Grund, wenn ein tief orangefarbiges Glas vor das Auge gehalten wird, und sie erscheint wenig verschieden von der Fluorescenz des Uranglases, wenn man das Orangeglas mit einem *rein gelben* Glas vertauscht.

Der Kasten von Kobaltglas scheint nur Anwendung finden zu dürfen, nicht nur um rasch, ohne Prisma, den gelben Bestandtheil in einer blauen Fluorescenz zu finden, sondern auch dazu, um die *relativen Quantitäten des gelben* Lichtbestandtheils, in Auflösungen ganz verschiedener Stoffe mit blauer Fluorescenz, einigermaßen beurtheilen zu können, indem man die verschiedenen Lösungen *caeteris paribus* neben einander in diesem Glaskasten aufstellt, besonders wenn die dritte blaue Glasscheibe, die mittelste nämlich, welche dem Fenster zugekehrt ist, an ihrem unteren Rande mit einem schwarzen Papier, beinahe von der Höhe wie die Länge der Probierröhrchen, belegt wird, indem das gelbe Licht dadurch lebhafter wird.

Im Juli 1857.

XII. *Ueber eine Erscheinung in Mikroskopen bei schiefer Beleuchtung der Objecte; von Carl Zeiss, Optiker in Jena.*

Seit einiger Zeit mit der Construction von Stativen zu zusammengesetzten Mikroskopen und mit deren Anfertigung beschäftigt, glaube ich bei dieser Arbeit eine Beobachtung gemacht zu haben, welche wohl noch neu und den HH. Theoretikern vielleicht von Werth seyn dürfte.

Wer öfters durch Mikroskope, vorzüglich durch ältere viel gebrauchte oder solche geringeren Werthes gesehen hat, wird bisweilen gefunden haben das sich sobald man *schraubt* das Bild ein wenig bewegt. Dieser Mifsstand hat meistens seine Quelle in der Mangelhaftigkeit des Mechanismus gehabt, zumal wenn der Spiegel klein und nicht seitlich stellbar war. Die Physiologen haben aber schon seit einer Reihe von Jahren die schiefe Beleuchtung vermittelt eines links und rechts seitlich stellbaren Spiegels zu sehr schätzen gelernt, als das der Optiker beim Nachdenken über neue Stativ-Modificationen nicht darauf bedacht seyn sollte, diese schiefe Beleuchtung allgemein anzuwenden. Gleichwohl wollte mir es anfangs nicht gelingen bei meinen von den bisherigen mehrfach abweichenden und mit einem nicht nur seitlich, sondern auch nach vorn stellbaren Spiegel versehenen Stativen diese Bewegung des Bildes zu beseitigen, bis ich fand, das dieselbe eine Folge der schiefen Beleuchtung und auch durch die Gröfse und Richtung der schiefen Beleuchtung bedingt sey. Ich habe diese Beobachtung mit Mikroskopen wiederholt, bei denen in Folge eines neuen Mechanismus eine Bewegung des Bildes durch eventuelle Mängel der Schraubenvorrichtung gar nicht möglich ist, und habe gefunden, das man, wenn der Spiegel rechts steht, während einer *Abwärtsbewegung des Tubus* das Bild links gehen sieht, rechts aber, wenn der Spiegel links steht. Da man nun bei einem zusammengesetzten Mikroskop das Ob-

ject und auch alle Bewegungen umgekehrt sieht, so wird sich die Erscheinung in einer Zeichnung wie folgt ausdrücken lassen.

TT, siehe Fig. 5, Taf. V, sey die mit dem Tisch parallele Ebene des Objects, *aa* die optische Axe des Tubus mit ihrer Verlängerung bis zum Spiegel. In ihrem oberen Punkte *a* befinde sich das Auge. Steht der Spiegel in dem anderen Punkt *a* und sendet sein Licht in der Richtung *aO* zum Object *O*, so findet an einem gut gearbeiteten Instrument sowohl während einer Ab- als Aufwärtsbewegung des Tubus keine Bewegung des Bildes statt. Steht aber der Spiegel in *m* und sendet sein Licht in der Richtung *mO* zum Object, so macht das Bild desselben oder scheinbar das Object während eines *Abwärtsschraubens des Tubus* eine Bewegung von *O* nach *m'*. Sendet aber der Spiegel sein Licht in der Richtung *nO* zum Object, so macht letzteres während einer *Abwärtsbewegung des Tubus* eine Bewegung von *O* nach *n'*. Mit anderen Worten: Bei einer schiefen Beleuchtung *mO* scheint der Strahl *Oa* eine Beugung nach *OM*, bei einer Beleuchtungsrichtung *nO* eine nach *ON* zu erleiden.

Ich habe um die Erscheinung so viel wie möglich rein zu haben, Objectträger und Deckglas weggelassen und über einer Oeffnung der Blendungsscheibe des Tisches einen Confaden ausgespannt, welcher bei Anwendung eines Objectivs von etwa 90facher Objectivvergrößerung (incl. Ocular 300fach) beim Auf- oder Abschrauben vom Moment des Sichtbarwerdens bis zu dem des Wiederverschwindens eine Bewegung durch nahehin das halbe Gesichtsfeld macht, während er bei Axenbeleuchtung fest liegen bleibt. Die schiefe Beleuchtung machte einen Winkel von 30 bis 40° mit der Axe und war zu dem Zweck aller Blendungsapparat beseitigt.

So lange aber der Tubus scharf auf das Object eingestellt ist, hat keine Art schiefer Beleuchtung einen verschiebenden Einfluss auf das Bild. Sie hat ihn nur dann, wenn das Object mehr oder weniger aufser dem Focus des

Objectivs liegt. Am auffälligsten und störendsten ist die Erscheinung nur während der Tubus in Bewegung ist.

Die letzteren Sätze muß ich ausdrücklich hervorheben; sie begründen mein oben stark gezeichnetes »scheint«.

Zu diesem Versuch einer kurzen Beschreibung wurde ich hauptsächlich durch den Wunsch veranlaßt, die Erscheinung möchte von kompetenterer Seite untersucht und ihre Unvermeidlichkeit bestätigt werden.

XIII. *Platinerz von Borneo; mitgetheilt vom Prof. Dr. Bleekerode zu Delft.*

»Borneo giebt hinzu 600 bis 800 Pfund«, sagt Prof. Zippe in seiner *Geschichte der Metalle*, Wien 1857 S. 301. — Leider muß ich darauf erwiedern: Borneo hat noch *wenig oder nichts* hinzugegeben.

Im Jahre 1831 wurde das Platin zum ersten Male vom Residenten in Bandjermassing, Hrn. Hartman, aufgefunden. L. Horner bestätigte solches i. J. 1836 auf seiner Reise durch das Ratoes-Gebirge und dessen Thäler, die Lavet-Länder. Horner's Bericht wurde in die *Verhandelungen van het Batavia'sche Genootschap* (T. XVII, p. 117) aufgenommen und daraus in mehrer deutsche Journale. Horner hat die Goldwäschen von Poelo-Ary besucht und glaubt annehmen zu können, daß in dem Sande *ein Theil Platin auf zehn Theile Gold* vorkomme. Hiernach berechnete er aus der jährlichen Goldproduction von Borneo den möglichen Platin-Ertrag auf 650 Pfund jährlich, — ja er hält es für wahrscheinlich, daß solcher noch steigen würde. Leopold v. Buch machte unserem Nestor A. v. Humboldt mit dieser »bis jetzt wenig bekannten Erscheinung« bekannt (Central-Asien, 1843, S. 365). Horner's Bericht ist auch aufgenommen in Leonhard's Taschenbuch für Freunde der Geo-

logie. Im zweiten Jahrgang (1846 S. 22) liest man: »Eine Probesendung des Platins von Borneo war im Frühjahr 1849 nach den Niederlanden am Bord der Fregatte Jason unterwegs.« Auch diesem muß ich widersprechen; wir in Holland wissen nichts davon.

Was Horner gesehen hat, ist allerdings durch spätere Naturforscher bestätigt, aber die Gewinnung dieses schätzbaren Metalls ist ungewöhnlich, ja unbegreiflich, fast unglaublich verzögert worden. Erst 1857 sind Handelsproben davon nach Amsterdam gekommen, und durch mich untersucht worden.

Dr. S. Müller besuchte 1836 die südlichen Theile von Borneo; er beschrieb die Diamantenwäsche von Martapoera im Reiche Bandjermassing. Nach dem Auslesen der Diamante bleibt Gold und Platin fein zertheilt zurück. Das Gold wird durch den Fürsten angekauft, das Platin aber fortgeschüttet; man nennt es verächtlich »*mas kodokh*«, Froschgold, da man nicht versteht, es zu bearbeiten. Dr. Müller sagt, daß überall auf Borneo das Waschgold im Diluvium von Diorit- und Syenit-Geschieben, gemengt mit Platin, vorkommt.

In den Jahren 1843 bis 1847 reiste Dr. Schwaner durch das Stromgebiet des Barito und den südöstlichen Theil von Borneo. Diesem zu früh verstorbenen Naturforscher verdanken wir eine genauere Angabe über das geologische Vorkommen. Die Diamanten, das Gold und Platin finden sich in Diluvial-Lagen, deren Entstehung der Wirkung verheerender Wasserfluthen auf das Gebirge der Insel zugeschrieben werden muß. Obgleich diese drei edlen Mineralien zu einer und derselben Formation gehören, so sind doch ihre Verbreitung und die Verhältnisse ihres Beisammenseyns sehr verschieden. Wo Diamanten vorherrschen, giebt es wenig, ja nur ein Minimum von Gold und Platin; überwiegen dagegen die Metalle, so sind die Diamanten äußerst selten. Jedenfalls sind die Metalle mehr und in größerem Verhältniß verbreitet. Das Waschen geschieht auf koni-

schen Schüsseln, *Lingganau* genannt. Bei der Diamantenwäsche bleibt ein feiner schwarzer magnetischer Eisensand, *paya* genannt, zurück; das Gold wird ausgesondert, und das Platin als *Mas Kodokh* weggeworfen.

Zu Playhary, im Tanak-Lavet, bestanden i. J. 1847 zweiundzwanzig Goldwäschen. In dreien davon war der Goldsand platinhaltig, im Verhältniß von 1 Theil Platin auf 10 Theile Gold. Die Chinesen weigerten sich das Platin zu sammeln. Merkwürdig, daß im Gold- und Platinsande dieser Gegend auch *Zinnober* gefunden wird, obschon in höchst geringer Menge. Zu Katapan ist das Verhältniß zwischen Platin und Gold 1 : 5, zu Soengi-Matjan 1 : 20.

Das Diluvium dieser Wäschen liegt, im Hügellande dieser Gegenden, überall zu Tage, an beiden Seiten der Ströme; es teuft unter das Alluvium, je mehr man sich der morastigen Küstengegenden nähert, welche den Ueberschwemmungen bloßgestellt sind. Die Conglomerate, Gerölle und Geschiebe der angränzenden Hügel und Gebirge bestehen aus Diorit, Syenit, Gabbro, Quarzfragmenten von allen Farben; doch ist das Diluvium größtentheils aus weißem Quarz, Quarzsand und magnetischem Eisensand zusammengesetzt; die Mächtigkeit geht von einigen Füssen bis zu mehreren Lachtern. Die Tiefe ist ebenfalls sehr veränderlich. Fig. 6 Taf. V macht die Lagerung deutlich; es ist ein vom Dr. Schwaner gemachter Durchschnitt der Goldwäschen von Pontain. Unter dem Humus liegt eine 4 bis 8 u. 10 Fufs dicke Schicht von ockergelbem Lehm, mit Fragmenten von weißem Quarz und anderen fein zertheilten Felsmassen; dann stößt man auf eine oder zwei goldführende Conglomerat- und Sandbänke, und diese ruhen auf einem harten Lehm, dessen Mächtigkeit und untere Begränzung bis jetzt nicht untersucht sind. Merkwürdig ist auch, daß an einzelnen Orten, an der Nordseite des Ratoesgebirge, im Diluvium Gegenstände menschlichen Kunstfleisses, nebst Baumstämmen jetziger Vegetation, gefunden worden sind. A. v. Humboldt hat dasselbe auch bei den goldführenden Goldlagern von Miask bemerkt. In Schwaner's Zeichnung ist angegeben, auf welche Weise die Chinesen das goldführende Sandlager durch Schurfarbeit zu Tage legen.

Zur Bestimmung seines Handelswerthes untersuchte ich den Platinsand nach der von Sobolewsky in der Münze zu St. Petersburg angewandten Methode (Handwörterbuch der Chemie). Ich fand:

Platin	70,21
Gold	3,97
Unlöst. Osmiridium und Mineralsubstanzen	8,83
Eisen, Kupfer, Iridium, Osmium, Palladium, Rhodium	15,38
In Salzsäure aufgelöstes Eisen- und Kupferoxyd	1,61.

Das Erz war nicht magnetisch, vielleicht weil es vor der Absendung mit dem Magnet von attractorischen Theilchen befreit worden war. Diese können auch platinhaltig seyn, denn Berzelius hat deutlich nachgewiesen, daß im Platinerz von Nischnei-Tagilsk magnetisches und nicht-magnetisches Erz gemengt vorkommen.

Ich habe das Erz zuvor mit Salzsäure behandelt, um Eisenoxyde abzuscheiden, mit denen die Platinlamellen deutlich bekleidet waren. In dieser Auflösung befand sich auch etwas Kupfer.

Das Platinerz besteht aus ovalen oder unregelmäßig rundlichen Blättchen, oder, deutlicher gesprochen, gleichsam aus Metallkügelchen, die unter dem Hammer abgeplattet wurden. Dieß Vorkommen, das auch beim amerikanischen Erze wahrgenommen wird, ist jedenfalls merkwürdig, da das Gold in demselben Sande in Körnern erscheint oder besser gesagt, in kleinen „*Pepitas*“ und mikroskopischen „*Noggets*“. Ich fand auch einzelne Kügelchen und octädrische Krystalle von Gold.

Die beigemengten Mineralsubstanzen sind: Topas, Hyacinth, Rubin (?), Diamant, Quarz und Feldspath. Titan-Eisensand fehlt.

Die vollständige Analyse wurde ausgeführt nach der Berzelius'schen Methode und auch nach der sehr empfehlenswerthen Methode von Claus (Beiträge zur Chemie der Platinmetalle 1854).

Eisenoxyde	} in HCl {	1,13
Kupfer	} unlöst. {	0,50
Osmium		1,15
Gold		3,97
Platin		70,21
Iridium		6,13
Palladium		1,44
Rhodium		0,50
Eisen		5,80
Kupfer		0,34
Unlöst. Osmiridium und Mineralsubstanzen		8,83

100,00.

Da das Gold immer mit Silber legirt ist, so befindet sich Chlorsilber mit unter dem Unlöslichen.

Ich hatte nicht Erz genug um Fremy's Rückstände zu bestimmen, obwohl der »*Residu en grains*« und der »*Residu en paillettes*« leicht zu erkennen waren. Das sogenannte Platinerz ist ein sehr unbestimmtes Gemenge, und ganz mit Recht hat Prof. Claus vorgeschrieben, zu einer vollständigen Analyse wenigstens zehn Gramm zu nehmen, da man nur dann Resultate bekomme, die als Mittelzahlen Werth haben.

Ich machte einige Versuche mit zwei Grammen, wie sie mir gerade in die Hand kamen und fand

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Gold	4,62	0,90	1,33
Platin	65,22	71,21	75,03
Iridium		9,23	3,22
Unlösliches	9,61	8,13	10,15.

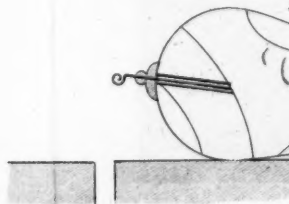
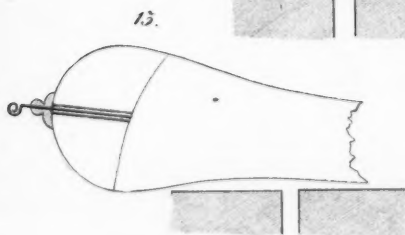
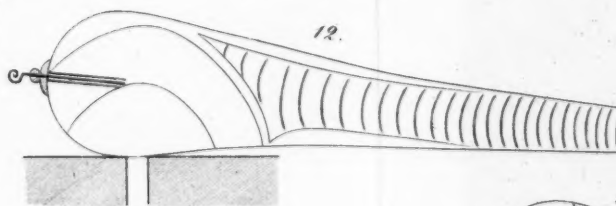
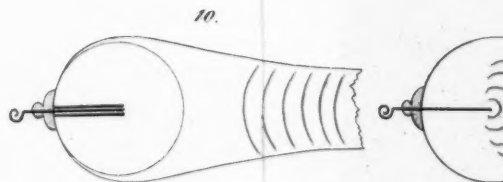
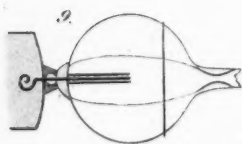
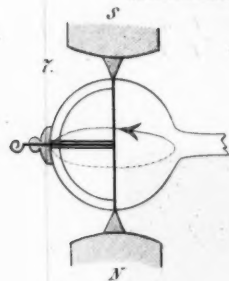
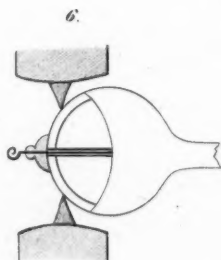
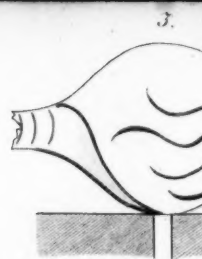
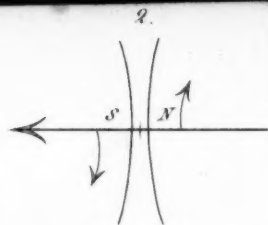
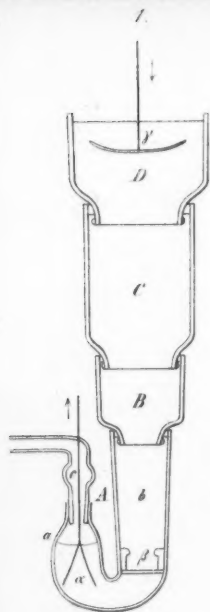
So erklärt sich, dafs in den ersten, von Horner gesammelten und 1836 zu Batavia untersuchten Proben 68,5 bis 73,0 Platin und *kein Gold* gefunden wurde, während 1847 eine andere Analyse von Erz ergab 57,13 bis 72,06 Platin und 9,75 bis 0,53 Gold.

Wenn auch das Sammeln dieses kostbaren Metalls bisher vernachlässigt wurde, so ist jedenfalls der Schatz nicht verloren. In den 27 Jahren seit der ersten Entdeckung sind mindestens 8100 Kilogramm unbenutzt geblieben, und wie viel gröfsere Mengen möchten noch zu finden seyn!

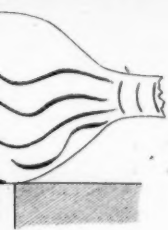
Berichtigung.

(Aus einem Briefe des Hrn. Dr. Wild in Zürich.)

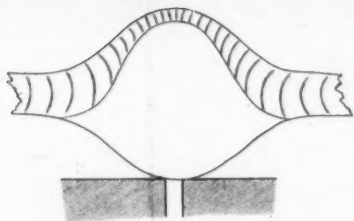
Der von mir im vorigen Hefte S. 392 erwähnte Rheostat ist bereits von Hrn. Wiedemann (diese Annalen Bd. 99, S. 226) beschrieben und Hrn. Prof. Neumann zugeeignet worden.



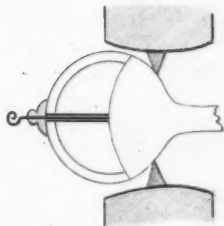
3.



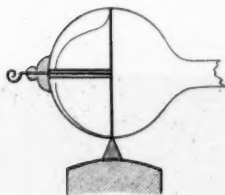
4.



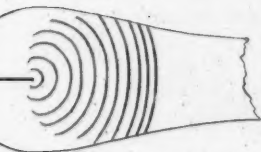
5.



6.



11.



15.

16.

17.

18.

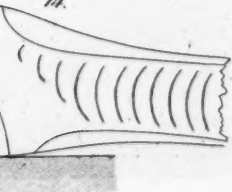
19.

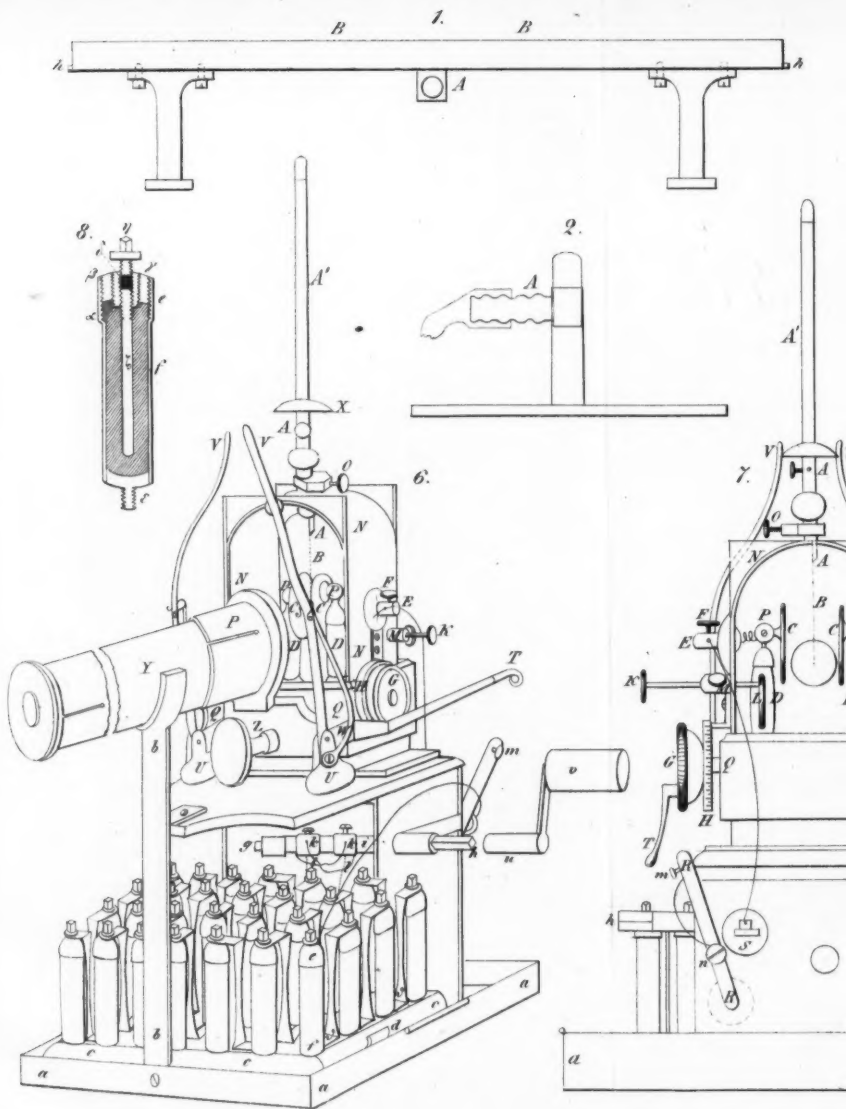
20.

21.

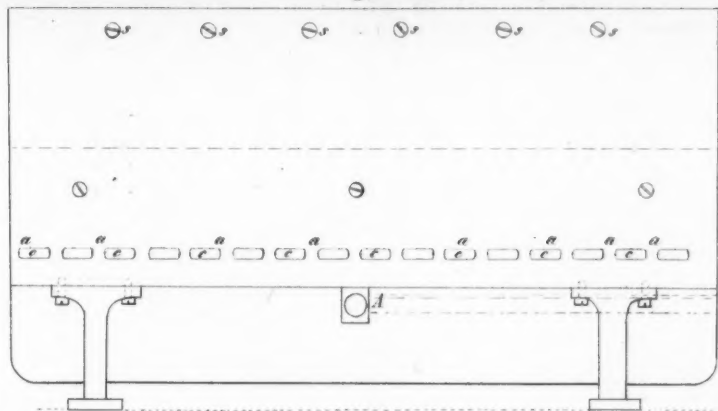


14.





3.



4. Taf. II.

